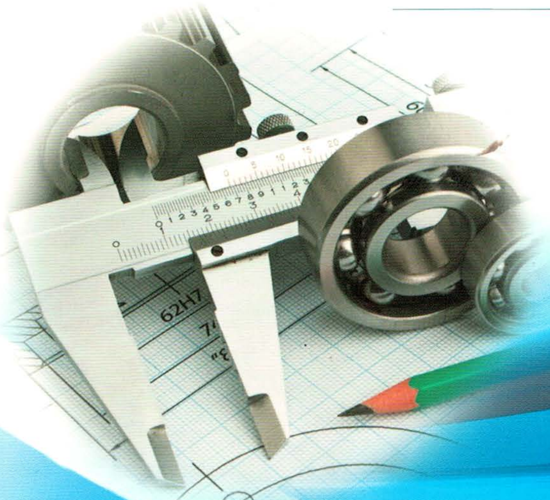
普通高等教育“十三五”规划教材

机械工程图学

徐冬　李明　周烨　主编

邵立康　主审



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

普通高等教育“十三五”规划教材

机械工程图学

主　编　徐　冬　李　明　周　烨
参　编　何　苗　陈　晖　张　杰
主　审　邵立康

机械工业出版社

本书内容共十章，依次为制图基本知识与技能、投影法基础、立体的投影及表面交线与表面展开、组合体、轴测图、机件表达方法、标准件和常用件、零件图、装配图和零部件测绘。

书中全部采用现行“技术制图”和“机械制图”国家标准，可作为高等学校工科机械类、近机械类各专业制图课程的教材使用。参考学时为60~120学时，零部件测绘实训学时可在课外安排1周。

与本书配套的《机械工程图学习题集》由机械工业出版社出版。该习题集与本书章节内容安排一致，可作为同步训练用书。

图书在版编目（CIP）数据

机械工程图学/徐冬，李明，周烨主编. —北京：机械工业出版社，2018.8

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-111-60390-0

Ⅰ.①机… Ⅱ.①徐… ②李… ③周… Ⅲ.①机械制图-高等学校-教材 Ⅳ.①TH126

中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第147266号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）
策划编辑：舒 恬 责任编辑：舒 恬 张亚捷 任正一
责任校对：郑 婕 封面设计：张 静
责任印制：孙 炜
天津嘉恒印务有限公司印刷
2018年9月第1版第1次印刷
184mm×260mm · 14.5印张 · 353千字
标准书号：ISBN 978-7-111-60390-0
定价：35.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务
服务咨询热线：010-88379833
读者购书热线：010-88379649

网络服务
机 工 官 网：www.cmpbook.com
机 工 官 博：weibo.com/cmp1952
教育服务网：www.cmpedu.com
金 书 网：www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

前言

PREFACE

“机械工程图学”是高等院校工科类各专业学生必修的主干课程，是一门重要的技术基础课。为了适应应用型普通高等教育的需要，根据教育部制定的《高等学校教育工程制图课程基本要求》编写了本套《机械工程图学》教材。

本书在介绍理论知识的同时，注重学生实践能力和职业技能的培养，努力使理论知识与实践应用有机地结合起来。在教材内容和章节的安排上，既考虑到了高等教育的特点，又考虑到了学科知识的系统性和完整性，并为此进行了必要的调整。在学习内容的安排上由基础到专业、由简单到复杂，按照循序渐进的原则进行。

本书具有以下特点：

1）着力使教材适用于机械工程各专业方向，并能根据专业的需要进行有机的选择。将画法几何内容部分分为两章，即投影法基础、立体的投影及表面交线与表面展开，可根据不同专业的需要进行有机选择。其学习目的和要求是建立空间投影的概念，并应用点、线、面、立体的投影来帮助解决后续章节（组合体、零件图等）学习的难点。

2）着力增强教材内容的知识性和趣味性，启发学生对组合体的学习兴趣。在组合体一章中安排了“组合体构型设计”的内容，让学生在学习过程中充分发挥积极思维和形体的创新设计能力，强化了学生空间思维和空间想象能力的培养。

3）轴测图是国家标准规定的表达方法，广泛地使用在各行各业中，因此本教材加强了对这一章的编写，充实了正等轴测图和斜二轴测图的画法，增加了轴测图润饰（配合学习计算机三维图的渲染）等内容。

4）本书系统地编写了“零部件测绘”一章，使学生在学完零件图和装配图之后，能够系统地学习零部件测绘，并在测绘实践中完成零部件的读图、画图和测绘技能的综合训练，培养学生解决机械工程实际问

题的能力。

5）插图采用计算机与手工绘图结合的方法绘制，图形正确、完整、清晰，表现力丰富。

本书采用了现行的“技术制图”和“机械制图”国家标准，按照课程内容和教学的需要，将有关国家标准文件编写在正文或附录中，便于学习时查阅。

与本书配套的《机械工程图学习题集》由徐冬、李明、周烨主编，机械工业出版社出版。该习题集与本书章节内容安排一致，可作为同步训练用书。

本书由南昌工学院组织编写，徐冬、李明（中国图学学会第七届制图技术专业委员会副主任委员兼副秘书长、安徽省工程图学学会副理事长）、周烨担任主编，参加编写的有：何苗、徐晖、张杰。编写分工为：徐冬编写第1章、第8章和第9章，李明编写第4章、第5章和第10章，并负责选定并绘制全书插图，周烨编写绪论、第6章和附录，何苗编写第3章，陈晖编写第2章，张杰编写第7章。中国图学学会第七届常务理事、中国图学学会第七届制图技术专业委员会主任委员邵立康教授担任主审。

由于时间仓促和水平所限，书中难免有错漏和不当之处。恳请广大读者批评指正。

编　者

目录 CONTENTS

前　言

绪论…………………………………………………………………………… 1

第 1 章　制图基本知识与技能 ………………………………………………… 3
1.1　制图国家标准的基本规定 ……………………………………………… 3
1.2　绘图工具及其使用方法……………………………………………… 12
1.3　几何图形画法………………………………………………………… 14
本章小结 ……………………………………………………………………… 20

第 2 章　投影法基础 ……………………………………………………… 21
2.1　投影法与三面视图…………………………………………………… 21
2.2　点、直线、平面的投影……………………………………………… 25
本章小结 ……………………………………………………………………… 40

第 3 章　立体的投影及表面交线与表面展开 ……………………………… 41
3.1　立体及其表面上点的投影…………………………………………… 41
3.2　立体表面交线的投影………………………………………………… 46
3.3　立体表面的展开……………………………………………………… 55
3.4　常见立体的尺寸标注………………………………………………… 61
本章小结 ……………………………………………………………………… 63

第 4 章　组合体 …………………………………………………………… 64
4.1　组合体的形体分析…………………………………………………… 64
4.2　组合体视图画法……………………………………………………… 67
4.3　组合体的尺寸标注…………………………………………………… 70
4.4　读组合体视图………………………………………………………… 72

4.5　组合体构型设计 …… 77
本章小结 …… 81

第 5 章　轴测图 …… 83
5.1　轴测图的基本知识 …… 83
5.2　正等轴测图画法 …… 85
5.3　斜二轴测图画法 …… 89
5.4　轴测图润饰 …… 91
本章小结 …… 94

第 6 章　机件表达方法 …… 95
6.1　视图 …… 95
6.2　剖视图 …… 98
6.3　断面图 …… 105
6.4　局部放大图 …… 108
6.5　简化画法 …… 108
本章小结 …… 110

第 7 章　标准件和常用件 …… 112
7.1　螺纹 …… 112
7.2　螺纹紧固件 …… 118
7.3　齿轮 …… 123
7.4　键和销连接 …… 126
7.5　弹簧 …… 129
7.6　滚动轴承 …… 131
本章小结 …… 135

第 8 章　零件图 …… 136
8.1　零件图概述 …… 136
8.2　零件视图的选择及典型零件视图分析 …… 137
8.3　零件图尺寸标注 …… 143
8.4　零件工艺结构及其画法 …… 148
8.5　零件图技术要求 …… 151
8.6　读零件图 …… 163
本章小结 …… 166

第 9 章　装配图 …… 167
9.1　装配图概述 …… 167
9.2　装配图规定画法及特殊画法 …… 169

9. 3　装配图视图的选择及画法 …………………………………………………… 170
9. 4　装配图尺寸标注和技术要求 ………………………………………………… 172
9. 5　装配图零件序号和明细栏 …………………………………………………… 173
9. 6　常见装配结构及其画法 ……………………………………………………… 174
9. 7　读装配图拆画零件图 ………………………………………………………… 176
本章小结………………………………………………………………………………… 181

第 10 章　零部件测绘 ……………………………………………………………… 182
10. 1　零部件测绘方法与步骤……………………………………………………… 182
10. 2　零件尺寸的测量……………………………………………………………… 183
10. 3　典型零件测绘………………………………………………………………… 188
10. 4　减速器测绘…………………………………………………………………… 197
本章小结………………………………………………………………………………… 209

附录…………………………………………………………………………………… 210

参考文献……………………………………………………………………………… 224

绪　论

1. 课程性质

根据投影原理和方法、遵照国家制图标准绘制，用来表达机械工程对象所画的图称为机械工程图样。

机械工程图样是机械工程产品信息的载体，是用来表达和交流技术思想的语言。

本课程理论严谨，实践性强，与机械工程实践有密切关系，对培养学生掌握科学思维方法，增强创新意识有着重要作用，是普通高等院校工科各专业重要的技术基础课程。

2. 学习目的和任务

现代工业生产中，无论是工程设计与施工、机械制造与设备检修、生产与加工都是依据机械工程图样来表达设计思想，指导施工生产的。因此，机械工程图样在各领域的技术工作和管理工作中有着广泛的应用；对于高等教育所培养的工程应用型人才都必须掌握机械工程图学知识，具备识读和绘制机械工程图样的基本能力。在校学生通过对本课程的学习，为学习与其相关的后续机械工程专业课程以及发展自身的能力打下扎实的基础。

本课程学习的主要任务是：

1）熟悉正投影的基本理论，掌握用正投影图示空间形体的方法，培养对形体的空间思维能力。

2）培养具有创造性的机械工程构型设计能力。

3）培养用尺规绘图、徒手绘图的技能与绘图方法。

4）熟悉《机械制图》《技术制图》国家标准的基本规定，会查阅标准手册及工具书，培养工程意识和标准化意识。

5）培养和掌握绘制与识读机械工程图样的能力。

6）通过零部件测绘学习与实践，培养解决机械工程实际问题的能力。

3. 本课程的特点与学习方法

本课程的特点是：既具有系统的投影理论和图学知识，又是实践性很强的课程。学习时要理解投影原理，掌握投影方法，在空间分析的基础上，弄清空间形体与平面图形的对应关系，由物画图，由图想物，通过由浅入深的理论学习、画图与读图实践，逐步提高对空间形体的形象思维能力以及图示能力。

根据本课程的特点和学习任务，在学习过程中要注意以下学习方法：

（1）掌握正投影的理论和方法　本课程是以正投影理论为基础，学习并应用正投影的原理和方法来表达空间形体，因此必须要熟悉正投影的基本原理及投影特性，三视图的形成及投影规律，弄清楚空间形体与平面图形之间的对应关系。

（2）注意基本技能的训练和培养　在掌握正投影理论知识后，要进行严格的画图和读图实践训练，只有将理论与实践结合起来，才能巩固所学的机械工程图学知识，提高空间思维能力以及图示能力和绘图技能。

（3）严格遵守国家标准　《机械制图》《技术制图》国家标准是绘制机械工程图样的重要依据，是规范性的制图准则。在学习和绘图实践中要严格执行国家标准，做到符合国家标准，规范性制图。

（4）认真完成作业练习　本课程的各种训练和实践主要是通过一系列的作业练习和测绘实践训练来实现的，要认真完成平时的作业练习，巩固课堂中所学的知识，锻炼绘图与读图能力，并通过测绘训练培养解决机械工程实际问题的能力。

第1章

制图基本知识与技能

工程图样作为现代工业生产的重要资料，具有严格的标准性及规范性。掌握制图的基本知识与技能，是培养画图与读图能力的基础。本章主要介绍国家标准《技术制图》和《机械制图》中有关制图的基本规定及尺寸注法规定，常用绘图工具的使用方法以及常见几何图形的画法等内容。

1.1　制图国家标准的基本规定

《技术制图》国家标准是一项基础技术标准，该标准普遍适用于工程中的各种图样。《机械制图》国家标准是一项机械专业制图标准，该标准适用于机械图样。制图国家标准是图样绘制和使用的准绳，必须要严格遵守。

国家标准（简称“国标”）代号以“GB”开头为强制性标准，必须遵照执行。国家标准代号以“GB/T”开头为推荐性标准，在某些条件下，可有选择性和适当的灵活性。与机械制图有关的现行国家标准基本上是推荐性标准。例如“GB/T 4458.1—2002”，“4458.1”是《机械制图》国家标准的标准顺序号，“2002”是表示该标准发布的年份，是推荐性标准。又如“GB/T 14689—2008”，“14689”是《技术制图》国家标准的标准顺序号，“2008”是表示该标准发布的年份，是推荐性标准。

本节主要介绍制图国家标准中的图纸幅面、比例、字体、图线和尺寸标注的基本规定。

1.1.1　图纸幅面及格式（GB/T 14689—2008）

1. 图纸幅面

1）基本幅面共有五种，分别用A0、A1、A2、A3、A4表示。A1幅面是A0幅面的一半，其他幅面依次类推，如图1-1所示，图纸幅面与尺寸的关系见表1-1。

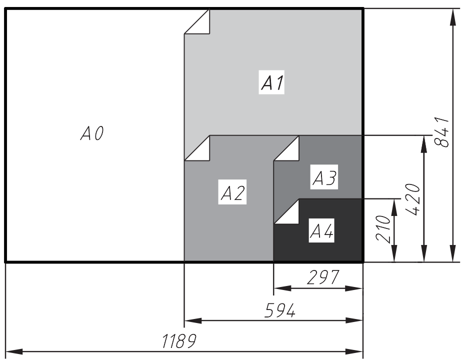


图1-1　基本幅面与尺寸的关系

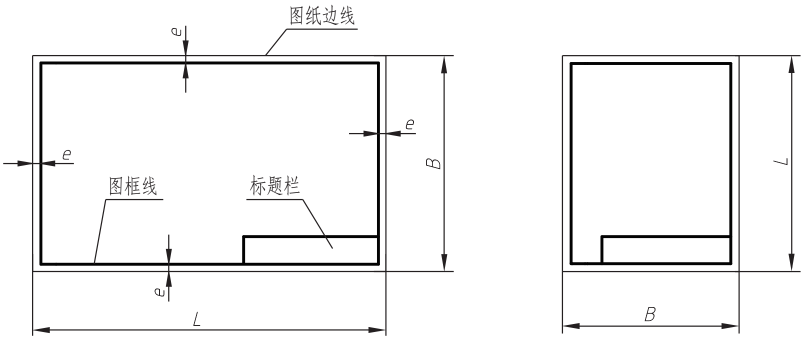
2）必要时可选择加长幅面，其尺寸必须是由基本幅面的短边成整数倍增加后得出。

表 1-1　图纸幅面与尺寸的关系　　（单位：mm）

幅面代号	$B \times L$	e	c	a
A0	841×1189	20	10	25
A1	594×841			
A2	420×594	10		
A3	297×420		5	
A4	210×297			

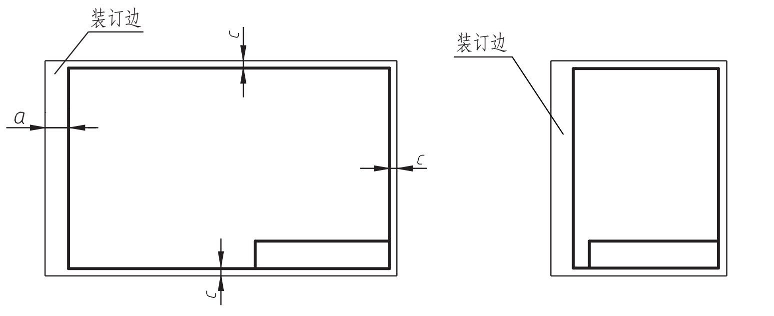
2. 图框格式

在图纸上必须用粗实线画出图框，其格式分为不留装订边和留有装订边两种，但同一产品的图样只能采用同一种格式。图 1-2 所示为无装订边的图框格式，图 1-3 所示为有装订边的图框格式。



a)　　b)

图 1-2　无装订边的图框格式



a)　　b)

图 1-3　有装订边的图框格式

3. 对中符号和方向符号

（1）对中符号　为了使图样在复制或缩微摄影时定位方便，在图框各边长的中点处分别用粗短线画出对中符号。当对中符号画在标题栏里时，伸入标题栏里的线段省略不画，如图 1-4 所示。

（2）方向符号　使用预制的图样时，为了明确画图和读图时的图纸方向，应在图纸的下方对中符号处画一方向符号，如图 1-4 所示。

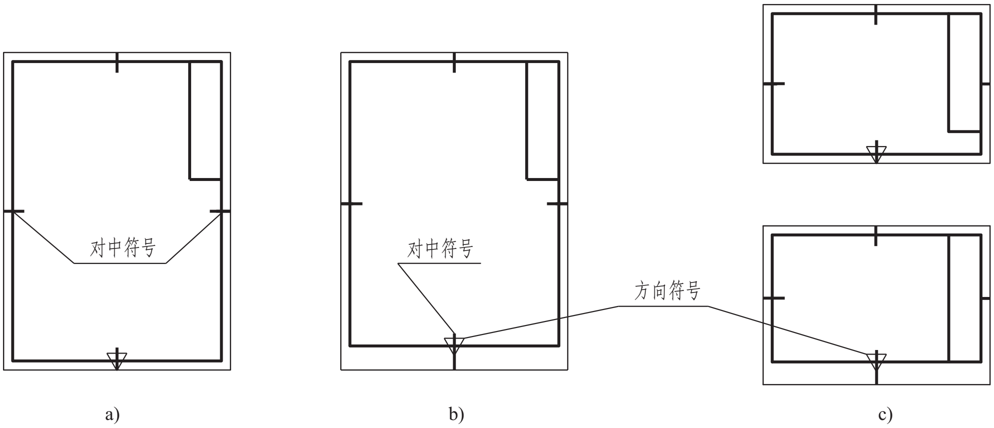


图 1-4　对中符号和方向符号

4. 标题栏

每张图样中应有标题栏，一般画在图框线内的右下角处。标题栏由名称及代号区、签字区、更改区和其他区四部分组成，其格式和尺寸由 GB/T 10609. 1—2008 所规定。学生制图作业中的标题栏可采用简化的格式，如图 1-5 所示。

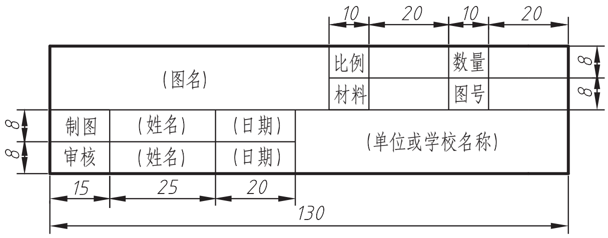


图 1-5　简化的标题栏格式

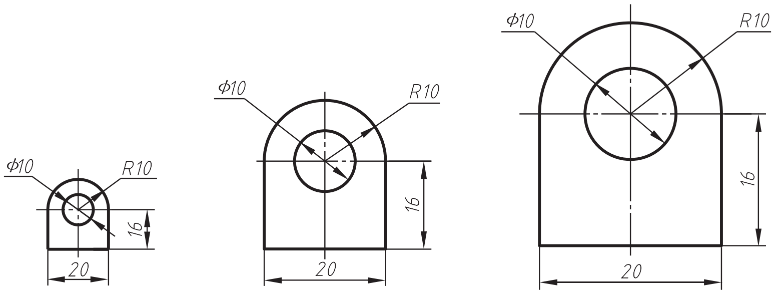
1. 1. 2　比例（GB/T 14690—1993）

比例是指图样中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。比例有原值比例，标注为 1∶1。放大比例，标注如 2∶1、5∶1 等。缩小比例，标注如 1∶2、1∶5 等。画图时，应从表 1-2 中所规定的比例系列中选用适当的比例。

表 1-2　比例系列

种　　类	比　　例
原值比例	1∶1
放大比例	5∶1　2∶1　5×10^n∶1　2×10^n∶1　1×10^n∶1
缩小比例	1∶2　1∶5　1∶2×10^n　1∶5×10^n　1∶1×10^n

选用比例应尽量采用原值比例，在同一张图样中应采用相同的比例。图样无论采用放大或缩小比例，图形中所标注的尺寸均为机件的实际尺寸，与图样比例无关，如图 1-6 所示。



a) 1∶2(缩小比例)　　b) 1∶1(原值比例)　　c) 1.5∶1(放大比例)

图 1-6　比例与图形尺寸的关系

1.1.3　字体（GB/T 14691—1993）

1. 基本要求

图样中所书写的汉字、数字和字母，都必须做到“字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐”。字体的号数即为字体的高度（用 h 表示），有八种尺寸系列：1.8、2.5、3.5、5、7、10、14、20（单位 mm）。

在同一张图样上，只允许用同一种形式的字体。

2. 字体写法

（1）汉字　汉字应写成长仿宋字体，并采用国家正式公布的简化字，汉字的高度不小于 3.5mm，其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$。

长仿宋字体的书写要领是：横平竖直、注意起落、结构匀称、排列整齐。图 1-7 所示为长仿宋字体写法示例。

长仿宋字写法示例：

7号字体

工程字体笔画清楚间隔均匀排列整齐书写认真

5号字体

工程字体笔画清楚间隔均匀排列整齐书写认真

3.5号字体

工程字体笔画清楚间隔均匀排列整齐书写认真

图 1-7　长仿宋字体写法示例

（2）数字和字母　工程图样中数字有阿拉伯数字和罗马数字两种，字母有拉丁字母和希腊字母两种。数字和字母可写成直体字和斜体字两种形式，斜体字的字头向右倾斜，与水平线成 75°，图 1-8 所示为数字和字母写法示例。

1.1.4　图线（GB/T 17450—1998、GB/T 4457.4—2002）

1. 图线形式及应用

图样中的图形是由图线组成的，画图时应采用国家标准规定的图线形式和画法。机械图



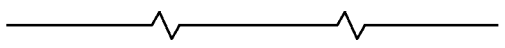
图 1-8　数字和字母写法示例

样中常用的图线形式和用途见表 1-3。

表 1-3　机械图样中常用的图线形式和用途

名称	线型	宽度	主要应用
粗实线	————————	*d*	可见轮廓线、螺纹牙顶线、齿顶圆(线)
细实线	————————	0.5*d*	尺寸线、尺寸界线、剖面线、过渡线等
细虚线	– – – – – – – – – – – – – –	0.5*d*	不可见轮廓线、不可见过渡线
细点画线	————- ————	0.5*d*	轴线、对称线、中心线
细双点画线	————- - ————	0.5 *d*	相邻辅助零件轮廓线、轨迹线、可动零件极限位置的轮廓线

（续）

名称	线型	宽度	主要应用
粗点画线		d	限定范围的表示线
波浪线		0.5d	断裂处的边界线 视图和剖视图的分界线
双折线		0.5d	断裂处的边界线 视图和剖视图的分界线
粗虚线		d	允许表面处理的表示线

2. 图线宽度

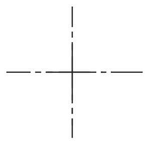
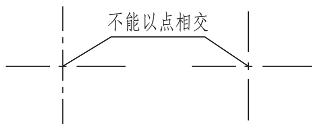
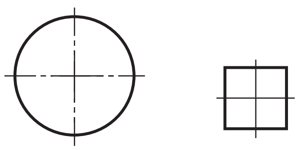
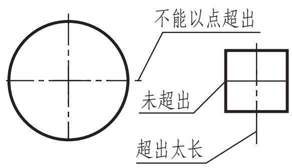
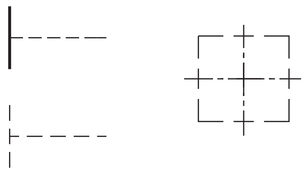
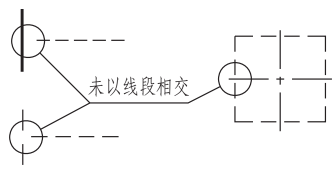
图线宽度分为粗、细两种，粗线的宽度（d）可按图形大小在 0.13、0.18、0.25、0.35、0.5、0.7、1.0、1.4、2.0（单位 mm）系列中选择。粗线宽度一般选用 0.5mm、0.7mm 两种，细线宽度为粗线宽度的 1/2。

3. 图线画法

在同一张图纸中，同类型图线的宽度应基本一致，虚线、点画线、双点画线中的线段长度和间隔大小应大致相等。

画相交图线时应注意的问题见表 1-4。

表 1-4　画相交图线时应注意的问题

说明	图例	
	正确	错误
点画线应以长画相交。点画线的起始与终了应为长画		
中心线应超出图形轮廓线外 3～5mm，较小的图形轮廓的中心线可用细实线代替		
虚线与虚线、虚线与实线相交时应以线段相交，不能留有空隙		

图线在图样中的应用示例如图 1-9 所示。

1.1.5　尺寸注法（GB/T 16675.2—2012、GB/T 4458.4—2003）

图形只能表示物体的形状，而其大小是由标注的尺寸确定，因此尺寸是图样中重要内容之一，是制造加工零件的直接依据。国家标准专门对尺寸注法做了有关规定，标注尺寸时必

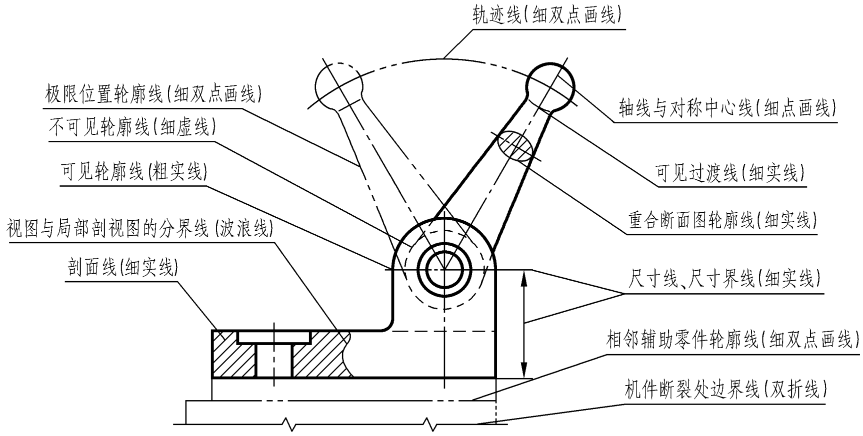


图 1-9　图线在图样中的应用示例

须严格遵守国家标准关于尺寸注法的规定。

1. 标注尺寸基本规定

1）机件的实际大小应以图样中的尺寸数值为依据，与图形的比例大小及画图的准确度无关。

2）图样中的尺寸一般以 mm 为单位，可不需注写单位符号或名称。如果用其他单位，则必须注写相应的单位符号或者名称，如 5cm、5m。

3）图样中所标注的尺寸，为该图样所示机件的最后完工尺寸，否则要另加说明。

4）零件的每一个尺寸，一般只标注一次，并应标注在反映零件形状结构最明显的图形上。

5）标注尺寸时，对一些常见结构和特殊结构应使用符号表示，常见结构和特殊结构的符号见表 1-5。

表 1-5　常见结构和特殊结构的符号

名　称	符　号	名　称	符　号	名　称	符　号
直　径	*ϕ*	正方形	□	沉　孔	⌴
半　径	*R*	45°倒角	*C*	埋头孔	⋁
球直径	*Sϕ*	厚　度	*t*	均　布	EQS
球半径	*SR*	深　度	↧	弧　长	⌒

2. 尺寸组成

一个完整的尺寸是由尺寸界线、尺寸线和尺寸数字三个要素组成，如图 1-10 所示。

（1）尺寸界线　尺寸界线是表示所注尺寸的一个界定范围，用细实线画出，并由图形的轮廓线、轴线或对称中心线处引出，也可直接利用轮廓线。尺寸界线一般应与尺寸线垂直，必要时才允许与尺寸线倾斜，并超出尺寸线 2~3mm。

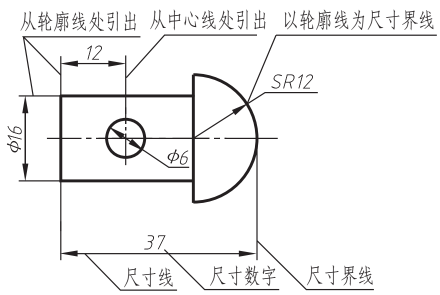
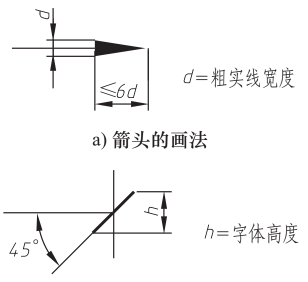


图 1-10　尺寸三要素及注写规定

（2）尺寸线　尺寸线是表示尺寸的度量方向，用细实线画出。尺寸线不允许用其他图线代替，也不能与其他图线重合或画在其他图线的延长线上。

尺寸线的终端画有起止符号，有箭头和斜线两种画法。机械图样尺寸线起止符号一般采用箭头形式。斜线用中粗短线段画出，其倾斜方向与尺寸界线成顺时针 45°，一般用在建筑图样上。尺寸线终端的起止符号如图 1-11 所示。

（3）尺寸数字　尺寸数字的方向应按规定注写。线性尺寸成水平方向的，尺寸数字一般注写在水平方向尺寸线的上方中间处，字头朝上。线性尺寸成垂直方向的，尺寸数字一般注写在垂直方向尺寸线的左方中间处，字头朝左。倾斜方向尺寸线的尺寸数字，标注时应保持数字字头朝上和在尺寸线上方的位置上。在垂直线逆时针方向 30° 的范围里一般不标注尺寸，当无法避免时，可采用指引线或尺寸线延长转折成水平位置的标注方法，如图 1-12 所示。



a) 箭头的画法

b) 斜线的画法

图 1-11　尺寸线终端的起止符号

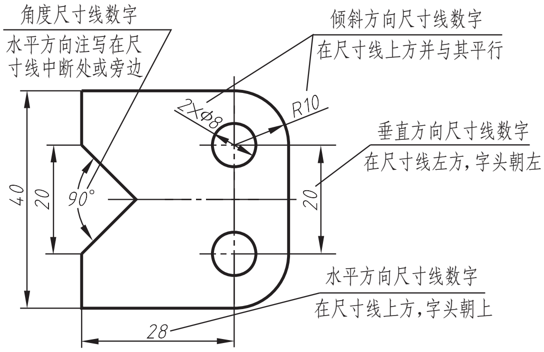
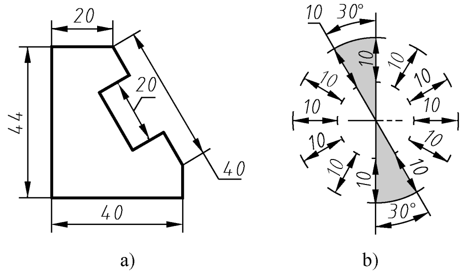


图 1-12　尺寸数字的注写方向和位置

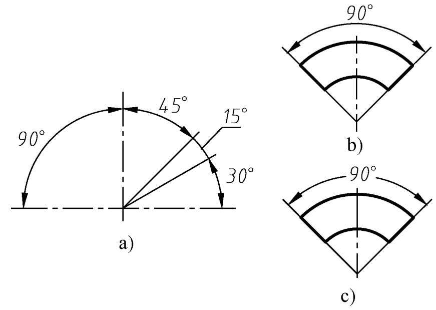
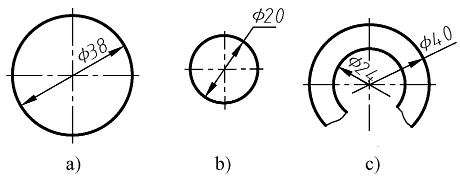
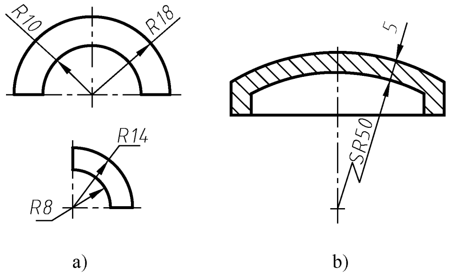
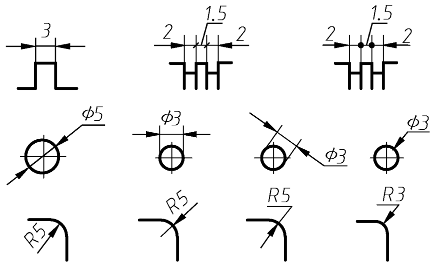
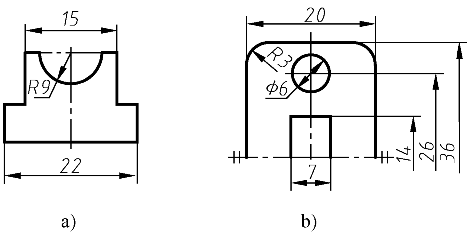
3. 常见尺寸标注方法

常见尺寸的标注示例见表 1-6。

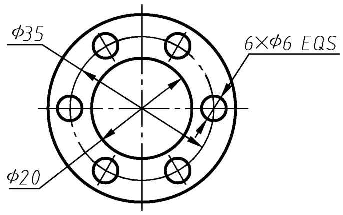
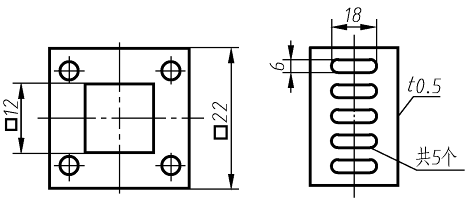
表 1-6　常见尺寸的标注示例

标注内容	注法示例	注法说明
线性尺寸注法		水平方向尺寸线的数字一般注写在尺寸线上方中间处，字头朝上。垂直方向尺寸线的数字注写在尺寸线左方中间处，字头朝左。倾斜方向尺寸线的数字注写在尺寸线上方的位置上，字头有朝上的趋势。当不便注写时，可在尺寸线的延长线上或用指引线注写，如图 a 所示。尽量避免在图 b 所示的 30° 范围内注写数字

（续）

标注内容	注法示例	注法说明
角度		角度的尺寸界线应沿径向引出，尺寸线是圆弧，圆心是角顶点。角度数字规定水平注写在尺寸线的中间，如图 b 所示，或尺寸线的中断处，如图 c 所示，也可引出注写，如图 a 所示
直径注法		圆的直径标注应在数字前加注“ϕ”，常见标注方法如图 a、b 所示 大于半圆时应标注直径，未画尺寸箭头一端的尺寸线应超出中心点，标注方法如图 c 所示
半径注法		圆的半径标注应在数字前加注“*R*”，小于半圆时应标注半径，标注方法如图 a 所示 大半径的圆弧时可采用折线注法，折线应平行于尺寸线，尺寸线应向心。标注球面半径应在数字前加“*S*”，标注方法如图 b 所示
小尺寸注法		当尺寸界线之间没有足够位置画尺寸箭头及注写数字时，可把箭头和数字放在尺寸界线的外侧。连续标注的小尺寸中间无法画箭头时，可用斜线或小圆点代替，标注方法如图所示
对称图形注法		对称图形的尺寸标注如图 a 所示 对称图形如果只画出一半或一大半时，尺寸线应超过图形对称线，在有尺寸界线的一端画出箭头，另一端省略不画，如图 b 所示

（续）

标注内容	注法示例	注法说明
均布孔的注法		零件上均匀分布的孔或其他相同结构要素在尺寸数字后加注“EQS”表示，标注方法如图所示
正方形、薄片厚度与相同结构要素注法	 a) b)	正方形尺寸在数字前加注“□”表示，标注方法如图 a 所示 薄片状的零件，其厚度尺寸在数字前加注“t”表示，如图 b 中 t0.5 相同结构要素可在一个要素上注出尺寸和数量，如图 b 所示

1.2　绘图工具及其使用方法

使用绘图工具画工程图样的方法称为尺规绘图。尺规绘图是工程技术人员必备的基本技能，而正确使用绘图工具是保证画图质量和速度的前提，因此要熟练掌握使用绘图工具的方法。

1.2.1　图板

图板是用来铺放和固定图纸的工具。图板的两个短边称为导边（工作边），两个长边为非工作边，丁字尺必须靠紧导边上下滑动画图，如图 1-13 所示。

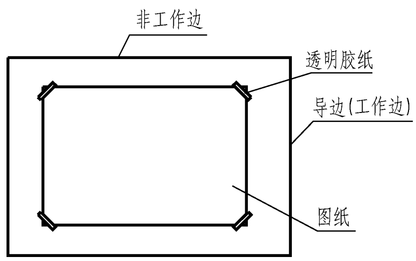


图 1-13　图板及图纸铺放

1.2.2 丁字尺

丁字尺主要是用来画水平线的。丁字尺由尺头和尺身组成，使用时将尺头紧靠在图板的左导边上，用左手推动尺头上下滑动，由左向右画水平线，如图 1-14 所示。

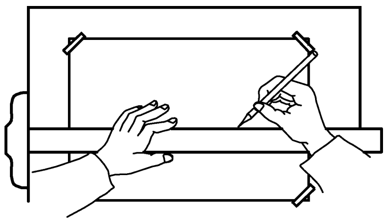
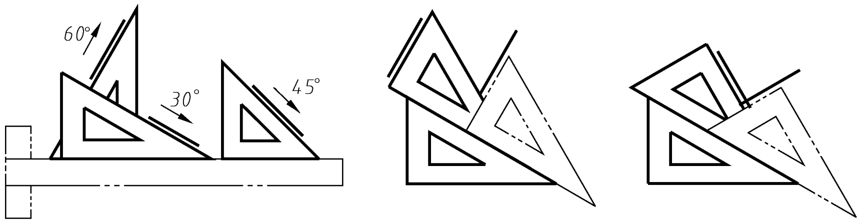


图 1-14 丁字尺的使用



a) 画角度线　b) 画平行线　c) 画垂直相交线

图 1-15 用三角板画直线的方法

1.2.3 三角板

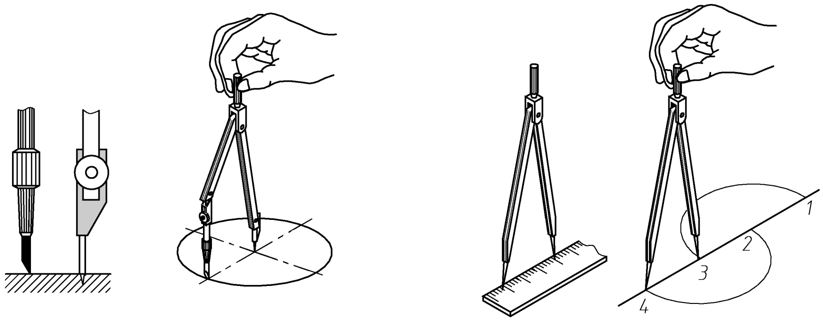
三角板由 45° 和 60°（30°）两块组成，与丁字尺配合使用时，可以画垂直线，15°、75°、105°的倾斜线，以及平行线和垂直相交线，如图 1-15 所示。

1.2.4 圆规与分规

圆规是用来画圆和圆弧的。圆规附件有钢针插脚、铅芯插脚、加长插杆等。

圆规上固定的针脚是用来固定圆心的，应使用带有肩台的一端。画圆时应保持圆规两脚与图纸基本垂直，用手转动圆规手柄，沿顺时针方向匀速转动画圆。圆规的两脚都有活动关节，用来调整两脚与图纸表面的垂直度。

分规是用来度量尺寸和等分线段的。圆规的活动插脚换成钢针插脚也可作为分规使用，圆规和分规的使用方法如图 1-16 所示。



a) 圆规的用法　b) 分规的用法

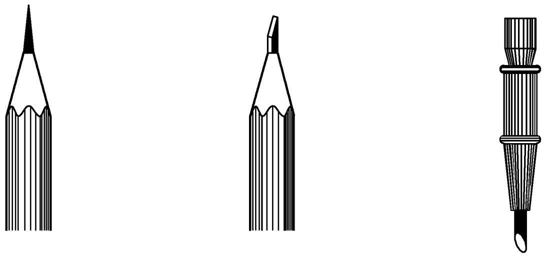
图 1-16 圆规和分规的使用方法

1.2.5 绘图铅笔

绘图铅笔的铅芯硬度用“B”和“H”表示。“B”表示软性铅芯，有“B、2B、3B”等型

号，B 前面数字越大，表示铅芯越软。“H”表示硬性铅芯，有“H、2H、3H”等型号，H 前面数字越大，表示铅芯越硬。常用 B 或 HB 画粗实线，用 H 或 2H 画细实线或画底稿图。

写字或画细实线的铅笔铅芯应削成尖锐的圆锥形，描画粗实线的铅笔铅芯应削成斜头四棱柱形，也可削成圆锥形状。圆规上铅笔插脚的铅芯应选择稍软一些，并削成斜头圆柱形，斜面朝外。铅笔铅芯的削法如图 1-17 所示。



a) 圆锥形　　b) 斜头四棱柱形　　c) 斜头圆柱形

图 1-17　铅笔铅芯的削法

1.2.6　其他用具

除上述绘图工具外，还有曲线板和几何图形模板。此外，还需要备有刀片、橡皮、固定图纸用的透明胶带、磨铅芯用的细砂纸和修改线条用的擦图片等用具。

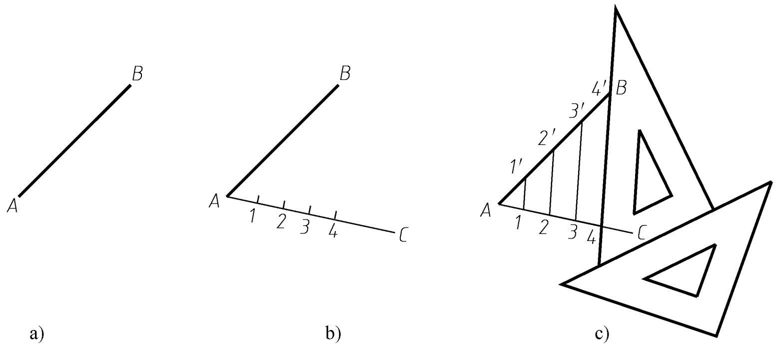
1.3　几何图形画法

工程图样的形状虽各不相同，但都是由基本的几何图形所组成的，因此绘制工程图样应首先掌握这些基本几何图形的画法。本节主要介绍线段等分、圆周等分、圆弧连接、椭圆画法、斜度和锥度以及平面图形的画法。

1.3.1　等分作图

1. 等分直线段

等分直线段采用的是平行线法，如图 1-18 所示。已知线段 AB，欲将线段 AB 分为四等份，可先通过 A 点作任意直线 AC，并在 AC 线段上任意作出四个等分点 1、2、3、4；然后连接 4B 两点，并依次过 1、2、3 点作 4B 的平行线，分别与 AB 线段相交得 1′、2′、3′、4′ 点，即为所求 AB 线段上的四个等分点。

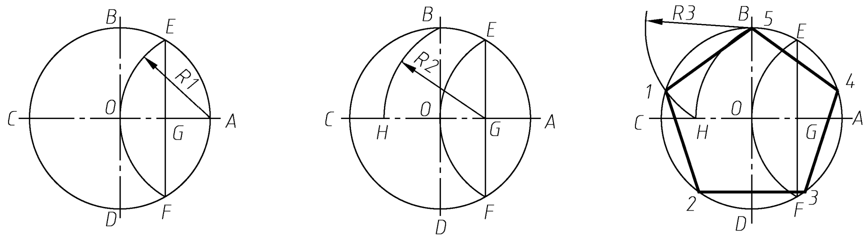


a)　　b)　　c)

图 1-18　等分线段画法

2. 五等分圆周作正五边形

如图 1-19 所示，已知一圆周，以圆周上 *A* 点为圆心 *AO* 为半径画圆弧交圆周于 *E*、*F* 两点，连接 *EF* 交 *AC* 中心线得 *G* 点。以 *G* 点为圆心，*GB* 为半径画圆弧再交 *AC* 中心线得 *H* 点。以 *BH* 长度量圆周得五个等分点，依次连接五个等分点即为正五边形。

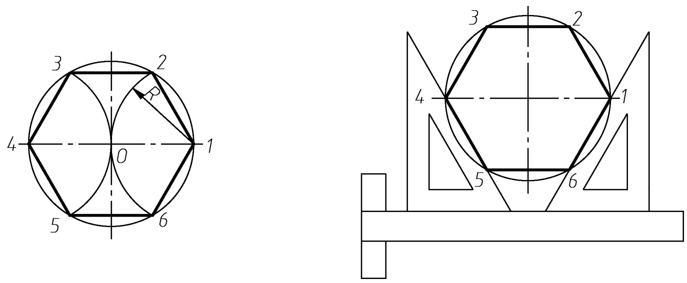


a) b) c)

图 1-19 正五边形画法

3. 六等分圆周作正六边形

六等分圆周作正六边形有圆规法和三角尺法两种，如图 1-20 所示。



a) 圆规法 b) 三角尺法

图 1-20 正六边形画法

1.3.2 圆弧连接

用圆弧光滑地连接相邻两个线段的形式称为圆弧连接。要保证圆弧连接的准确和光滑，必须要准确求出连接圆弧的圆心和相切点这两个要素。

圆弧连接有三种基本形式。

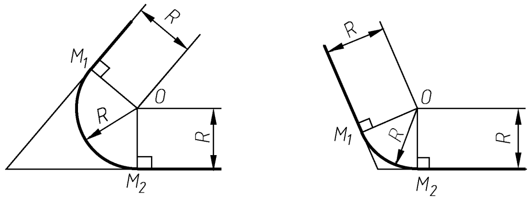
1. 圆弧连接两条直线

用半径为 *R* 的连接圆弧与直线连接时，圆心是在距离直线为 *R* 的平行线上，由圆心作直线的垂线，其垂足即为相切点。依据这一原理可归纳出圆弧连接两条直线的画法，如图 1-21 所示。

1）先求连接圆弧的圆心。根据已知条件作与已知两直线分别相距为 *R* 的平行线，两平行线的交点即为连接圆弧的圆心 *O*。

2）再求连接圆弧与两直线的相切点。从圆心 *O* 分别作已知两直线的垂线，其垂足即为两个相切点 M_1、M_2。

3）以 *O* 为圆心，*R* 为半径，在 M_1、M_2之间画圆弧，即完成两直线的圆弧连接。



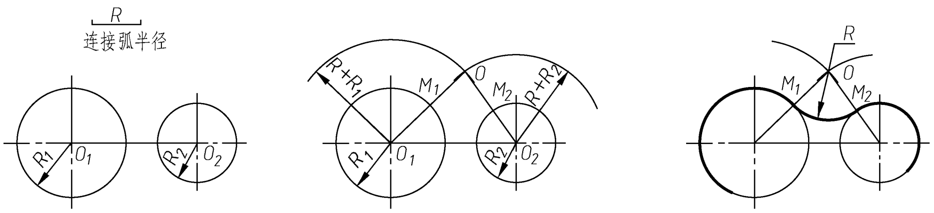
a) 锐角两直线连接　　b) 钝角两直线连接　　c) 直角两直线连接

图 1-21　圆弧连接两条直线的画法

2. 圆弧连接两圆弧

圆弧连接两圆弧有外切两圆弧和内切两圆弧两种形式。

（1）外切两圆弧　画法如图 1-22 所示。



a) 已知条件　　b) 求连接弧圆心O和连接点(切点)M_1、M_2　　c) 以O为圆心，OM_1、OM_2为半径画出连接弧

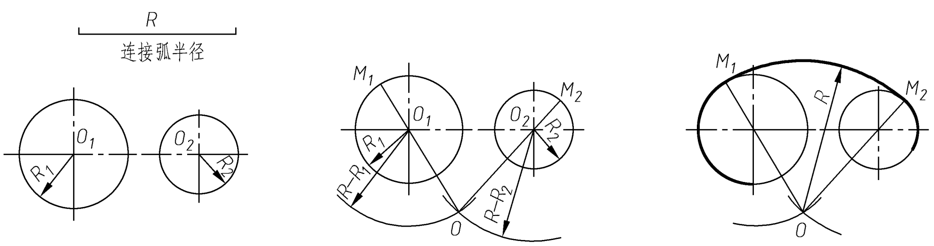
图 1-22　外切两圆弧画法

1）先求连接圆弧的圆心。以 O_1为圆心，R+R_1为半径画辅助圆弧，再以 O_2为圆心，R+R_2为半径画辅助圆弧，两辅助圆弧的交点即为连接圆弧的圆心 O。

2）再求连接圆弧与两已知圆弧的相切点。连接 OO_1、OO_2与已知圆弧的交点，即为相切点 M_1、M_2。

3）以 O 为圆心，R 为半径，在 M_1、M_2之间画圆弧，即完成外切两圆弧连接。

（2）内切两圆弧　画法如图 1-23 所示。



a) 已知条件　　b) 求连接弧圆心O和连接点(切点)M_1、M_2　　c) 以O为圆心，OM_1、OM_2为半径画出连接弧

图 1-23　内切两圆弧画法

1）先求连接圆弧的圆心。以 O_1为圆心，R−R_1为半径画辅助圆弧，再以 O_2为圆心，R−R_2为半径画辅助圆弧，两辅助圆弧的交点即为连接圆弧的圆心 O。

2）再求连接圆弧与已知圆弧的相切点。连接 OO_1、OO_2 与已知圆弧（外侧弧）的交点，即为相切点 M_1、M_2。

3）以 O 为圆心，R 为半径，在 M_1、M_2 之间画圆弧，即完成内切两圆弧连接。

3. 圆弧连接直线和圆弧

圆弧连接直线和圆弧的画法（图 1-24）如下：

1）先求连接圆弧的圆心。作相距已知直线为 R 的平行线，再以 O_1 为圆心，$R+R_1$ 为半径画辅助圆弧，平行线与辅助圆弧的交点即为连接圆弧的圆心 O。

2）再求连接圆弧与已知直线和圆弧的相切点。从圆心 O 作已知直线的垂线，其垂足即为相切点 M_2，连接 OO_1 与已知圆弧相交的交点即为相切点 M_1。

3）以 O 为圆心，R 为半径，在 M_1、M_2 之间画圆弧，即完成直线与圆弧的连接。

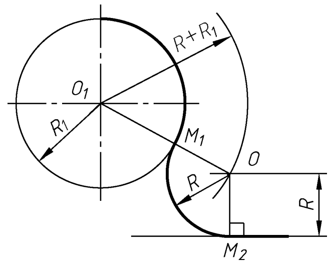


图 1-24 圆弧连接直线和圆弧的画法

1.3.3 椭圆画法

椭圆画法很多，一般采用长短轴法画椭圆，画法如图 1-25 所示。

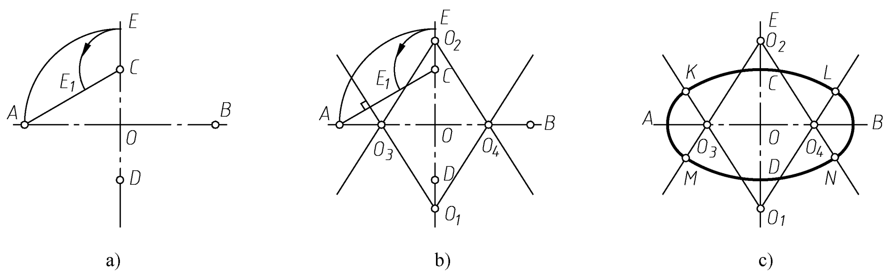


图 1-25 长短轴法画椭圆

1）根据已知条件画出长轴 AB 和短轴 CD，连接 AC。以 O 为圆心，OA 为半径画弧，与 CD 相交得 E。

2）以 C 为圆心，CE 为半径画弧与 AC 相交得 E_1。

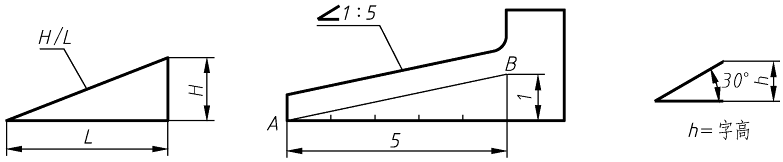
3）作线段 AE_1 的中垂线，与长轴 AB 相交得圆心 O_3，与短轴 CD 相交得 O_1，并作出 O_3、O_1 的对称点 O_4、O_2。

4）连接 O_1O_3、O_1O_4、O_2O_3、O_2O_4，分别以 O_1、O_2、O_3、O_4 为圆心，以 O_1C、O_3A，O_2D、O_4B 为半径画弧至 K、L、M、N 点，将其连接起来即得椭圆。

1.3.4 斜度和锥度

1. 斜度

斜度是指一直线对另一直线或一平面对另一平面的倾斜程度。斜度的符号为“∠”，其符号倾斜方向应与所标注的直线或平面倾斜方向一致，在图样中以 1∶n 的形式标注。图 1-26 所示为斜度画法与标注。

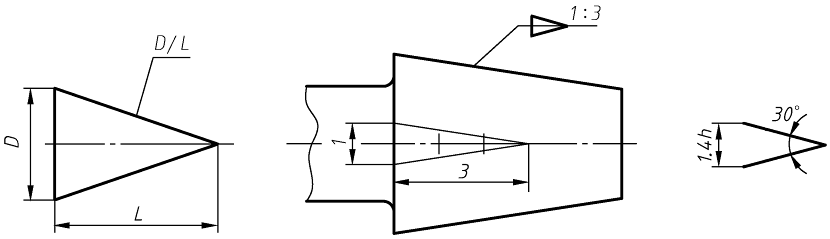


a) 斜度　　b) 斜度画法与标注　　c) 斜度符号

图 1-26　斜度画法与标注

2. 锥度

锥度是指正圆锥的底圆直径与圆锥高度之比。锥度的符号为“▷”，其锥度符号方向与所标注的锥度方向应一致，并应对称地画在指引线上。锥度在图样中以 1 ∶ n 的形式标注。图 1-27 所示为锥度画法与标注。



a) 锥度　　b) 锥度画法与标注　　c) 锥度符号

图 1-27　锥度画法与标注

1. 3. 5　平面图形画法

1. 平面图形的分析

平面图形由在同一平面内不同的线段连接而成，这些线段之间的相对位置和连接关系是由给出的尺寸来确定。因此画平面图形时，只有通过对线段、尺寸和连接关系的分析，才能确定平面图形的画法步骤。

（1）尺寸分析　平面图形中的尺寸，按其作用可分为两类，即定形尺寸和定位尺寸：

1）定形尺寸。用于确定线段的长度、直径、半径和角度大小的尺寸称为定形尺寸，如图 1-28手柄图形中 ϕ20mm、16mm、ϕ5mm、R15mm、R12mm、R10mm、R50mm 都是定形尺寸。

2）定位尺寸。用于确定线段之间相对位置的尺寸称为定位尺寸，如图 1-26 手柄图形中的尺寸 8mm 确定了 ϕ5mm 的圆心位置；尺寸 45mm 确定了 R50mm 圆心的水平方向位置，这些都是定位尺寸。

（2）线段分析　平面图形中的线段，按其给定的尺寸是否完整，可分为已知线段、中间线段和连接线段三类：

1）已知线段。定形、定位尺寸都标注齐全的线段称为已知线段，如图 1-28 手柄图形中 ϕ20mm、16mm、ϕ5mm、R10mm、R15mm 所画出的线段。

2）中间线段。定形尺寸齐全，但定位尺寸不全的线段称为中间线段，如图 1-28 手柄图形中 R50mm 圆弧。

3）连接线段。只有定形尺寸，没有定位尺寸的线段称为连接线段，如图 1-28 手柄图形中 R12mm 圆弧。

2. 平面图形的画法与尺寸标注

（1）平面图形的画法　在画图时，由于平面图形中的已知线段尺寸齐全，可以按照尺寸大小直接画出来；中间线段虽然定位尺寸不全，但它的一端总是和已知线段相连接，便可利用圆弧连接的方法画出来；连接线段由于缺少定位尺寸，必须借助于与它相连接的两端线段画好以后，再按照圆弧连接的方法画出来。所以，画平面图形时，必须先画出已知线段，再画出中间线段，最后画出连接线段。图 1-29 所示为手柄图形的画法步骤。

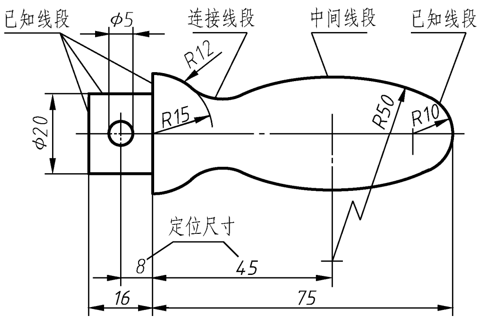
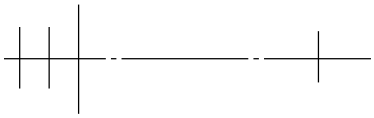
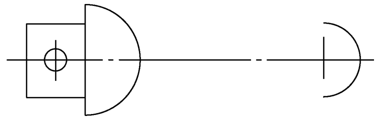
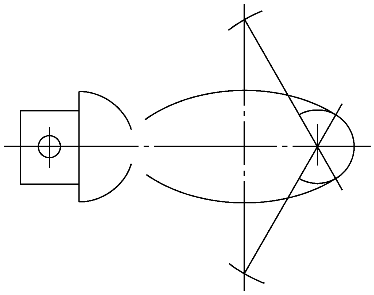


图 1-28　手柄图形的尺寸和线段分析


a) 画中轴线和基准线


b) 画已知线段和已知弧


c) 画中间弧

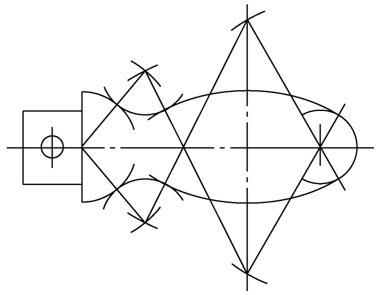
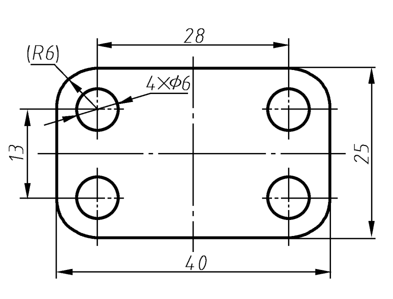
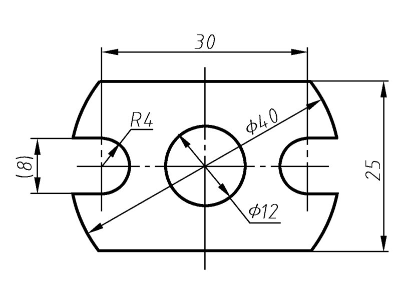

d) 画连接弧

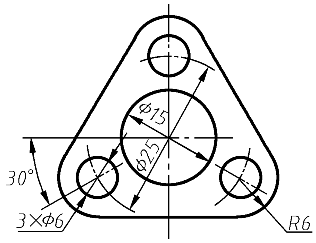
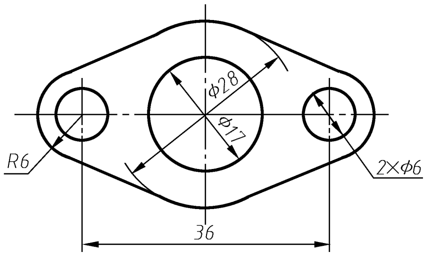
图 1-29　手柄图形的画法步骤

（2）平面图形的尺寸标注　标注尺寸首先要遵守国家标准有关尺寸注法的基本规定，通常先标注定形尺寸，再标注定位尺寸。由几何作图方法作出的线段，一般只标注定形尺寸。尺寸标注完成以后要检查是否有尺寸遗漏或重复。标注尺寸要清晰，排列整齐，同一个图样中的尺寸标注类型要一致，字体与大小应相同。平面图形尺寸标注示例见表 1-7。

表 1-7　平面图形尺寸标注示例

矩形及圆心距注法		截切圆及U形槽注法	

（续）

圆周等分圆的注法		相切圆的注法	

本 章 小 结

主要内容和重点：

本章主要介绍《技术制图》和《机械制图》国家标准的基本规定，常用绘图工具的种类及使用方法以及常见几何图形和平面图形的画法等内容。重点讲解制图国家标准中的图线画法和尺寸注法，几何图形画法中的圆弧连接和平面图形画法。

学习要求：

通过学习制图基本知识与技能，应了解和掌握以下方面知识与技能：熟悉《技术制图》和《机械制图》国家标准中的图纸幅面及格式、比例、字体、图线和尺寸注法的有关规定，掌握正确使用绘图工具和仪器画图的方法，了解几何作图的原理及作图方法，能够用尺规绘制平面图形并且标注尺寸。

第 2 章

投影法基础

投影法是表达物体形状的基本方法，它能够真实地表达物体的形状结构，度量性好，具有规律性，作图方便，因此广泛应用在工程上。

2.1　投影法与三面视图

2.1.1　投影法的基本概念

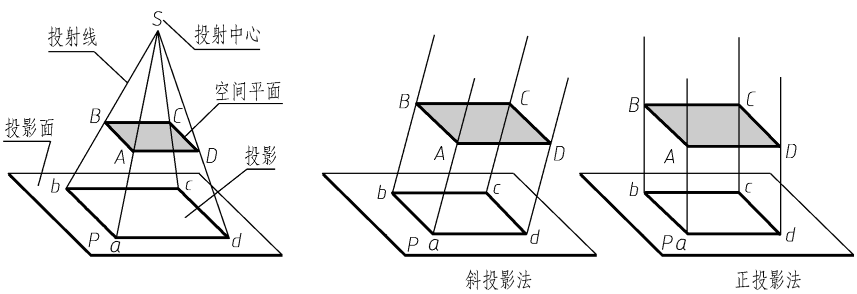
物体在灯光或在日光的照射下，就会在地面或墙壁上产生影子，这是一种自然投影现象。投影法就是将这种自然投影现象加以抽象和规律化而形成的投影理论。

投影法是指投射线通过物体，向选定的平面投射，并在该平面上得到图形的方法。

根据投影法得到的图形称为投影，得到投影的平面称为投影面，如图 2-1a 所示。

2.1.2　投影法的分类

投影法分为中心投影法和平行投影法两种。



a) 中心投影法　　b) 平行投影法

图 2-1　投影法的分类

1. 中心投影法

投射线由同一点发出的投影法称为中心投影法，用这种方法所得到的投影称为中心投

影，如图 2-1a 所示。

2. 平行投影法

投射线相互平行的投影法称为平行投影法。平行投影法又分为斜投影法和正投影法两种，如图 2-1b 所示。

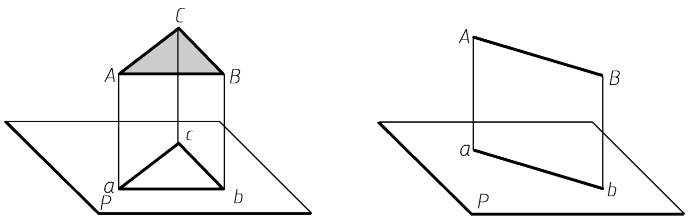
（1）斜投影法　投射线与投影面倾斜的平行投影法。

（2）正投影法　投射线与投影面垂直的平行投影法。

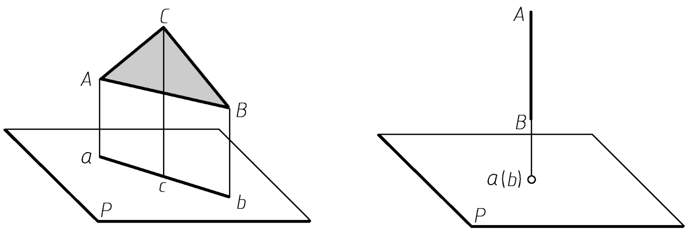
当空间平面平行于投影面时，其投影反映该平面的真实形状和大小。由于正投影法的投射线垂直于投影面，最具有规律性，更便于画图与度量，因此在工程中应用广泛，如图 2-1b所示。

2.1.3　正投影的基本特性

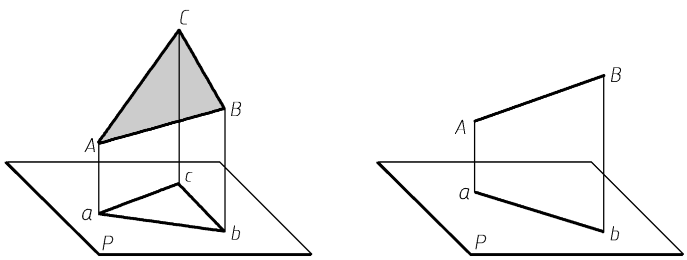
正投影法中，物体上的平面（或直线）的投影有以下三种基本特性，如图 2-2 所示。



a) 平面(或直线)平行于投影面，投影具有真实性



b) 平面(或直线)垂直于投影面，投影具有积聚性



c) 平面(或直线)与投影面倾斜，投影具有类似性

图 2-2　正投影的基本特性

1. 真实性

空间平面（或直线）与投影面平行时，其投影反映平面的真实形状（或直线的真实长

度）的性质，称为真实性，如图 2-2a 所示。

2. 积聚性

空间平面（或直线）与投影面垂直时，其投影积聚为一条直线（或一点）的性质，称为积聚性，如图 2-2b 所示。

3. 类似性

空间平面（或直线）倾斜于投影面时，其投影缩小（或缩短）但投影的形状和原来的形状具有类似的性质，称为类似性，如图 2-2c 所示。

2.1.4　三面视图的形成及其投影规律

1. 三面视图的形成

（1）三面投影体系的建立　三面投影体系由三个互相垂直的投影面所组成，如图 2-3 所示。三个投影面分别为：

正立投影面，用 *V* 表示。

水平投影面，用 *H* 表示。

侧立投影面，用 *W* 表示。

投影面之间的交线，称为投影轴。它们分别为：

OX 投影轴（简称 *X* 轴），是 *V* 面与 *H* 面的交线，代表长度方向。

OY 投影轴（简称 *Y* 轴），是 *H* 面与 *W* 面的交线，代表宽度方向。

OZ 投影轴（简称 *Z* 轴），是 *V* 面与 *W* 面的交线，代表高度方向。

三投影轴互相垂直相交，其交点 *O* 称为原点。

（2）物体在三面投影体系中的投影　将物体放置在三面投影体系中，用正投影法向各投影面进行投射，可分别得到物体的正面投影（*V* 面投影）、水平投影（*H* 面投影）和侧面投影（*W* 面投影），如图 2-4a 所示。

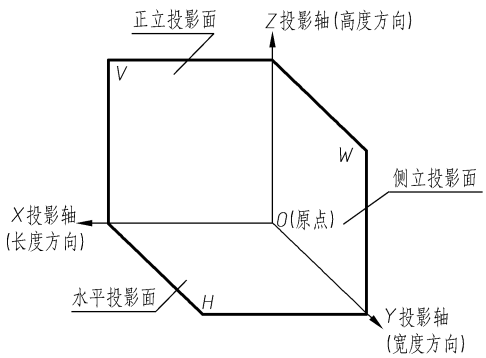


图 2-3　三面投影体系的建立

（3）将空间三面投影展开为平面上的三面投影　将互相垂直的三个投影面摊平在一个平面上，规定：正立投影面（*V* 面）不动，将水平投影面（*H* 面）绕 *OX* 轴向下旋转 90°，将侧立投影面（*W* 面）绕 *OZ* 轴向右旋转 90°（图 2-4b），分别与正立投影面形成一个平面，因而得到一个平面上的三面投影（图 2-4c）。水平投影面和侧立投影面旋转时，*OY* 轴被分开为两处，*H* 面上用 OY_H 表示，*W* 面上用 OY_W 表示。最后去掉投影面的边框线，便形成了一个平面上的三面投影，如图 2-4d 所示。

在工程制图中，把物体在投影面上的投影称为视图。因此，正立投影面上的投影称为主视图，水平投影面上的投影称为俯视图，侧立投影面上的投影称为左视图。

2. 三面视图投影规律

三面视图有以下投影规律：

（1）三面视图的位置关系　以主视图为基准，俯视图在主视图的正下方，左视图在主视图的正右方。

（2）三面视图的“三等”关系　即：

主视图——反映物体的长度和高度。

俯视图——反映物体的长度和宽度。

左视图——反映物体的高度和宽度。

由此归纳得出：

主视图和俯视图长度相等——长对正。

主视图和左视图高度相等——高平齐。

俯视图和左视图宽度相等——宽相等。

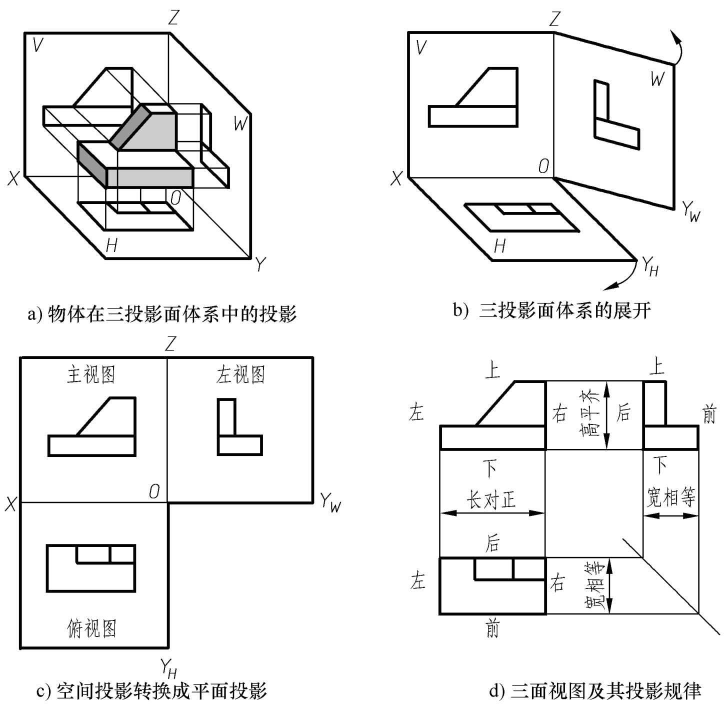
画图时，物体的三面视图一定要符合“长对正，高平齐，宽相等”的三等关系，如图 2-4d 所示。

（3）视图与物体的方位关系　所谓方位关系，就是指以物体的正面投射方向（即主视图的投射方向）为准，来观察分析物体的上、下、左、右、前、后六个方位与三面视图中的对应关系，如图 2-4d 所示。即：

主视图——反映物体的上、下和左、右位置关系。

俯视图——反映物体的左、右和前、后位置关系。

左视图——反映物体的上、下和前、后位置关系。



a) 物体在三投影面体系中的投影　b) 三投影面体系的展开

c) 空间投影转换成平面投影　d) 三面视图及其投影规律

图 2-4　三面视图的形成及其投影规律

3. 三面视图画图方法与步骤

根据物体画三面视图时，应先选好主视图的投射方向，然后放正物体，使物体的主要特征表面尽量平行于投影面，再根据视图的大小选择图纸幅面和比例，然后在图纸上画出三个视图的基准定位线。

画图时，物体上的各个部分在三个视图上的投影都必须符合“长对正，高平齐，宽相等”的投影规律。各视图中的对称线、中心线和轴线必须画出。三面视图的画法与步骤如图 2-5 所示。

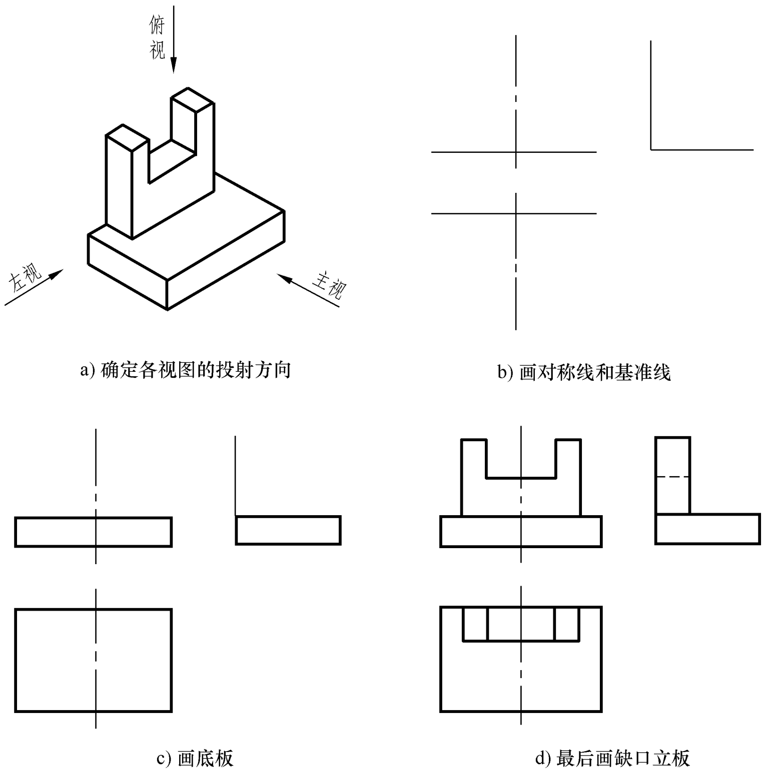


图 2-5　三面视图的画法与步骤

2.2　点、直线、平面的投影

任何物体，从几何学观点分析都由点、线、面几何元素所构成，一切物体都可看成是点、线、面的集合。因此，研究物体的投影，必须首先掌握点、线、面几何元素的投影及其规律。

2.2.1　点的投影

1. 点的三面投影

在三面投影体系中有一点 A，根据正投影法，点 A 在三个投影面上的投影分别用 a（H

面投影）、a'（V 面投影）、a''（W 面投影）表示，如图 2-6a 所示。

根据三面视图的形成过程，得到点 A 的各面投影后，V 面不动，分别将 H、W 面绕投影轴 OX、OZ 各旋转 90°和 V 面处于同一平面上，就得到点 A 在平面上的三面投影。三投影面展开时，OY 轴分开后形成 OY_H（H 面上的 OY 轴）和 OY_W（W 面上的 OY 轴），它们分别与 OZ 和 OX 轴在同一直线上，如图 2-6b 所示。

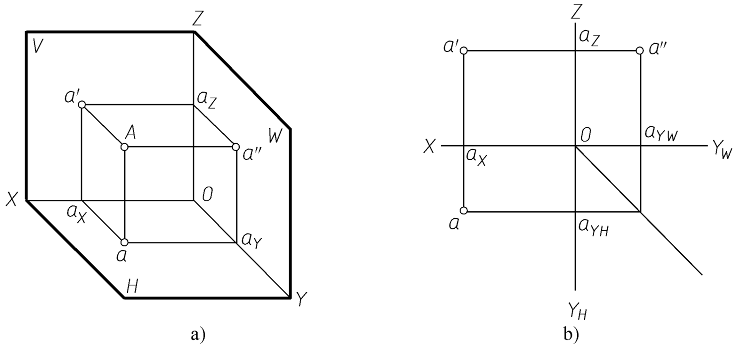


图 2-6　点的三面投影

2. 点的投影规律

如图 2-6 所示，在点的三面投影中，点的每一个投影都反映两个坐标，而每两个投影都反映一个相同的坐标。

通过分析点在三面投影体系中得到投影的过程，可得出点的投影规律：

1）点的 V 面投影和 H 面投影的连线垂直 OX 轴，即 $a'a \perp OX$。

2）点的 V 面投影和 W 面投影的连线垂直 OZ 轴，即 $a'a'' \perp OZ$。

3）点的 H 面投影到 OX 轴的距离等于点的 W 面投影到 OZ 轴的距离，即 $aa_x = a''a_z$。

【例 2-1】 已知点的 V 面投影 a'和 H 面投影 a，求作其 W 面投影 a''，如图 2-7a 所示。

作图方法如图 2-7b 所示。

1）作$\angle Y_H O Y_W$的角平分线。

2）过 a 作 OY_H的垂线，并延长与角平分线相交，自交点作 OY_W的垂线，与过 a'所作 OZ 的垂线相交的 a''，如图 2-7b 所示。

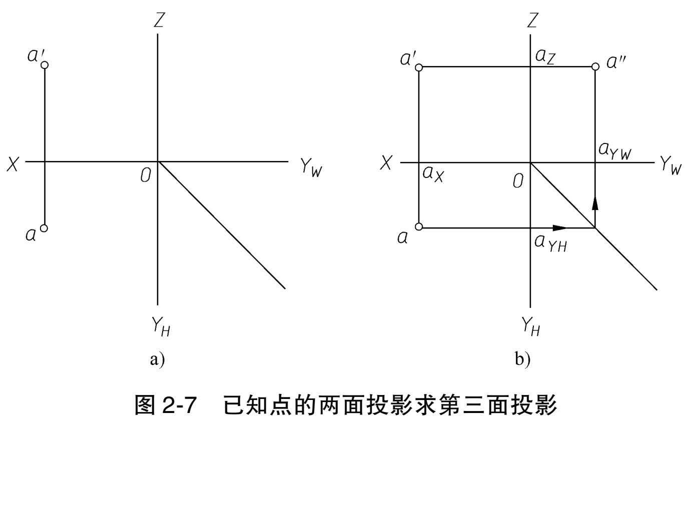


图 2-7　已知点的两面投影求第三面投影

3. 点的投影与坐标的关系

点的空间位置可由点到三个投影面的距离来确定。如果将三个投影面作为三个坐标面，则点的投影与点的坐标关系如下：

1）点 A 到 W 面的距离（X_A）为：$Aa''=a_XO=a'a_Z=aa_Y=X$ 坐标。

2）点 A 到 V 面的距离（Y_A）为：$Aa'=a_YO=a''a_Z=aa_X=Y$ 坐标。

3）点 A 到 H 面的距离（Z_A）为：$Aa=a_ZO=a''a_Y=a'a_X=Z$ 坐标。

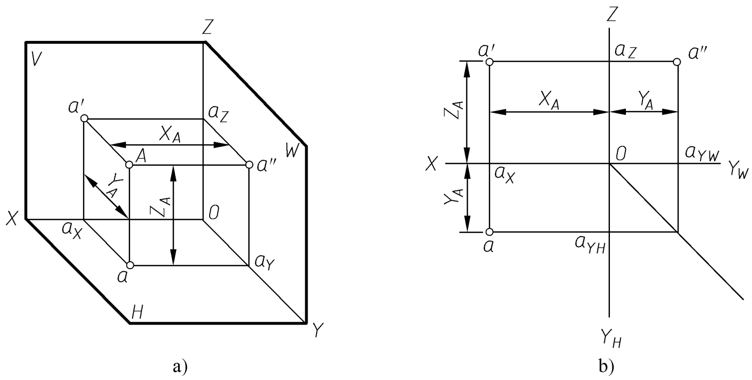


图 2-8　点的投影与坐标的关系

点的空间位置可由该点的坐标（X，Y，Z）确定。如点 A 三面投影的坐标分别为 a（X，Y）、a'（X，Z）、a''（Y、Z），任一投影都包含了两个坐标，所以点的两面投影就包含了确定点的三个坐标，即能确定点在空间的位置，如图 2-8 所示。

【例 2-2】　已知空间点 B 的坐标为（12，10，15），求作点 B 的三面投影。

作图方法如图 2-9 所示：

1）画投影轴，在 OX 轴上从 O 点向左量取 12mm，定出 b_X，过 b_X 作 OX 轴的垂线，如图 2-9a 所示。

2）在 OZ 轴上从 O 点向上量取 15mm，定出 b_Z，过 b_Z 作 OZ 轴的垂线，两条线的交点即为 b'，如图 2-9b 所示。

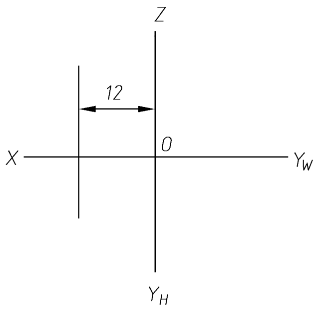
3）在 $b'b_X$ 的延长线上，从 b_X 向下量取 10mm 得 b，在 $b'b_Z$ 的延长线上，从 b_Z 向右量取 10mm 得 b''。b、b'、b'' 即为点 B 的三面投影，如图 2-9c 所示。

4. 点在投影面中的位置

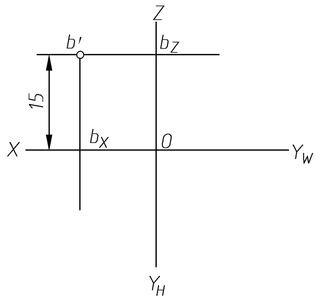
点在投影面中的位置有三种：

（1）一般位置点　悬空在三投影面体系的点，它的 X、Y、Z 三个坐标值都为实数，如图 2-6 所示。

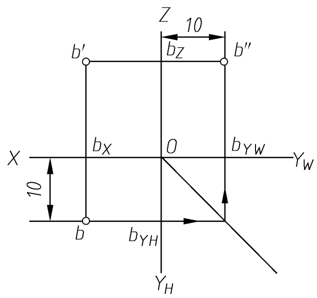
（2）投影面上的点　点在投影面上，有一个坐标值为 0，在它的三面投影中，必定有两个投影在投影轴上，有一个投影与其空间点重合。例如，V 面上的点 A，它的 Y 坐标为 0，其 H 投影 a 落在 OX 投影轴上，W 面投影 a'' 落在 OZ 投影轴上，而 V 面投影 a' 与其空间点 A 重合为一点，如图 2-10a 所示。在 H 面上的点 B，它的 Z 坐标为 0，其 V 面投影 b' 落在 OX 投影轴上，W 面投影 b'' 落在 OY 投影轴上，而 H 面投影 b 与其空间点 B 重合为一点，如图 2-10b所示。



a)

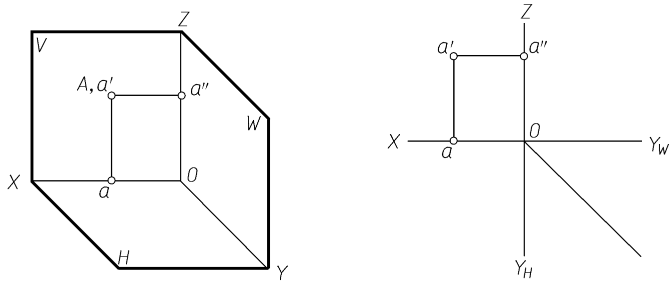


b)

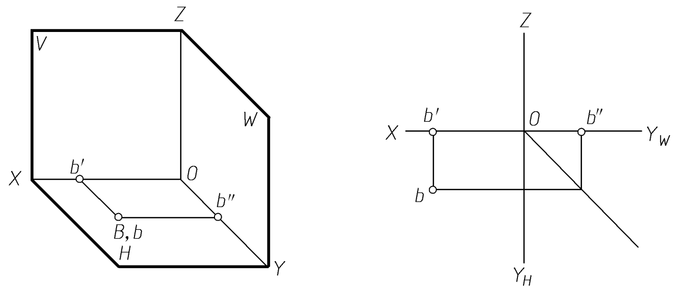


c)

图 2-9　已知点的坐标作点的三面投影



a) V 面上的点

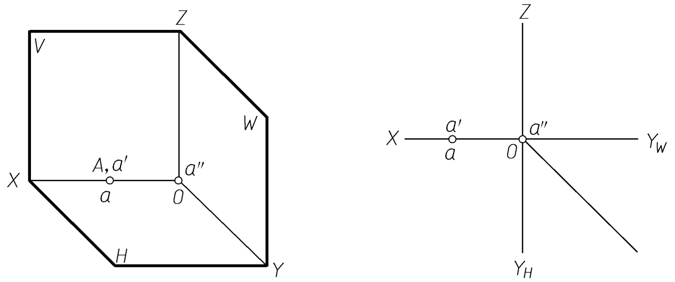


b) H 面上的点

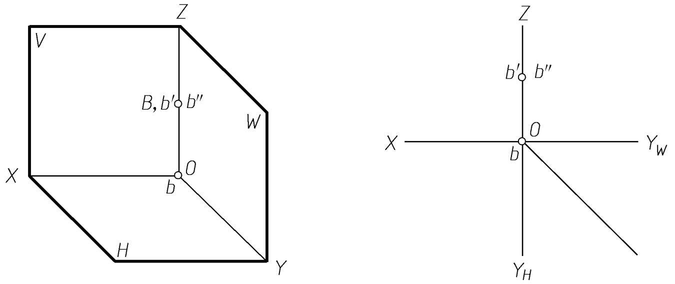
图 2-10　投影面上的点

（3）投影轴上的点　点在投影轴上，有两个坐标值为 0，它的三面投影中，必定有两个投影与其空间点重合，一个投影落在原点 O 上。例如，OX 投影轴上点 A，它的 Y、Z 坐标

为 0，V 面投影 a' 和 H 面投影 a 与空间点 A 重合，W 面投影 a'' 与原点 O 重合，如图 2-11a 所示。又如，OZ 投影轴上点 B，它的 X、Y 坐标为 0，V 面投影 b' 和 W 面投影 b'' 与空间点 B 重合，H 面投影 b 与原点 O 重合，如图 2-11b 所示。



a) OX 投影轴上的点



b) OZ 投影轴上的点

图 2-11　投影轴上的点

5. 两点的相对位置及重影点

两点在空间的相对位置，可以由两点的坐标值大小关系确定，如图 2-12 所示。

两点的左、右相对位置由 X 坐标确定，X 坐标值大者在左。故点 B 在点 A 左方。

两点的前、后相对位置由 Y 坐标确定，Y 坐标值大者在前。故点 A 在点 B 前方。

两点的上、下相对位置由 Z 坐标确定，Z 坐标值大者在上。故点 A 在点 B 上方。

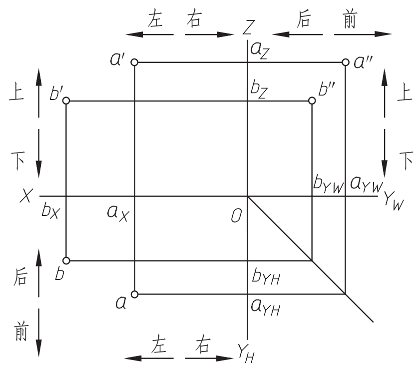


图 2-12　两点的相对位置

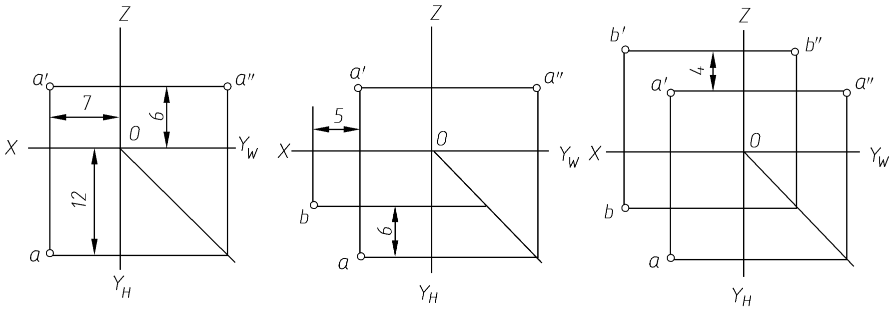
【例 2-3】　已知点 A（7，12，6），点 B 在点 A 的左方 5mm，后方 6mm，上方 4mm。求作点 B 三面投影，如图 2-13a 所示。

投影分析：点 B 在点 A 的左方和上方，说明点 B 的 X、Z 坐标值大于点 A 的 X、Z 坐标值；点 B 在点 A 的后方，说明点 B 的 Y 坐标值小于点 A 的 Y 坐标值。根据两点的坐标差作出点 B 的三面投影。

作图方法：

1）根据点 A 的三坐标值作出三面投影 a、a'、a''，如图 2-13a 所示。

2）沿 X 轴方向量取 12mm 作 X 轴垂线，沿 Y 轴方向量取 6mm 作 Y_H 轴的垂线，与 X 轴



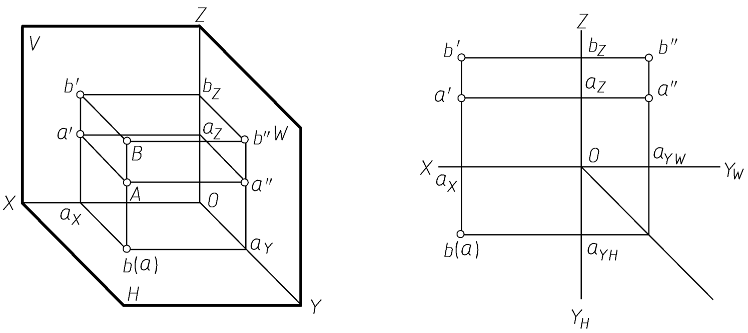
a)　　b)　　c)

图 2-13　求点 B 的三面投影

的垂线相交，交点为点 B 的 H 面投影 b，如图 2-13b 所示。

3）沿 Z 轴方向量取 10mm 作 Z 轴垂线，与 X 轴的垂线相交，交点为点 B 的 V 面投影 b'。已知 b、b'作出 b''，完成点 B 的三面投影，如图 2-13c 所示。

如果点 A 和点 B 的 X、Y 坐标相同，只是点 A 的 Z 坐标小于点 B 的 Z 坐标，则 A、B 两点的 H 面投影 a 和 b 重合在一起，V 面投影 b'在 a'之上，且在同一条 OX 轴的垂线上，W 面投影 b''在 a''之上，且在同一条 OY_W 轴的垂线上。此时点 B 和点 A 的 H 面投影重合，称为 H 面的重影点，如图 2-14 所示。重影点在标注时，将坐标值小的点的投影加上括号，如点 A 的 Z 坐标值小，其 H 面投影为不可见，用加括号的（a）表示。



a)　　b)

图 2-14　重影点的投影

2.2.2　直线的投影

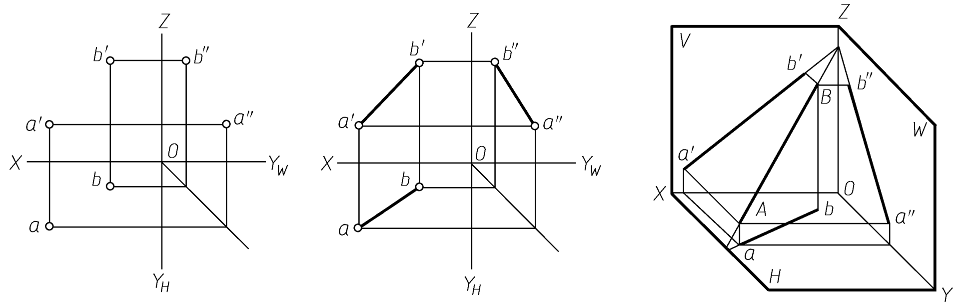
直线的投影一般情况下仍为直线，特殊情况下积聚为点。

直线由两点确定，因此它的投影由直线上两点的同面投影的连线来确定，如图 2-15 所示。

1. 各种位置直线的投影特性

在三面投影体系中，直线相对于投影面有三种位置。

（1）投影面垂直线　垂直于一个投影面而平行于另外两个投影面的直线称为投影面垂直线。根据所垂直的投影面不同，又分为正垂线（垂直于 V 面）、铅垂线（垂直于 H 面）、侧

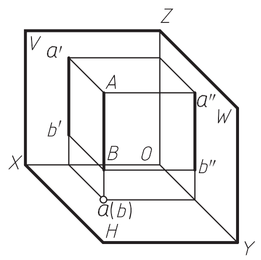
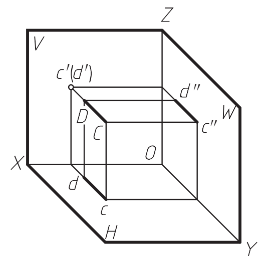
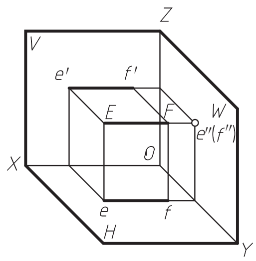
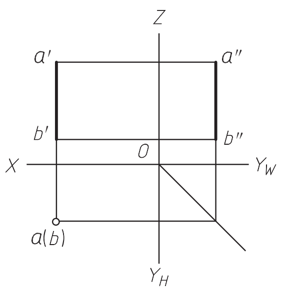
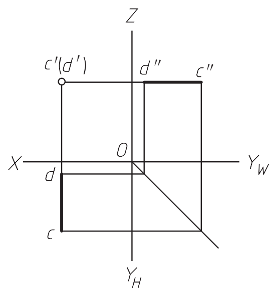
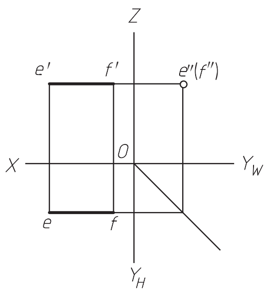


a)　　b)　　c)

图 2-15　直线的三面投影

垂线（垂直于 *W* 面）。投影面垂直线的投影及投影特性见表 2-1。

表 2-1　投影面垂直线的投影及投影特性

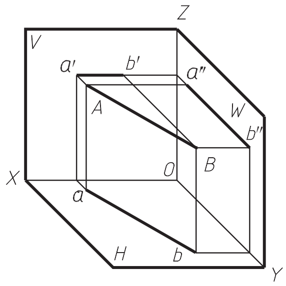
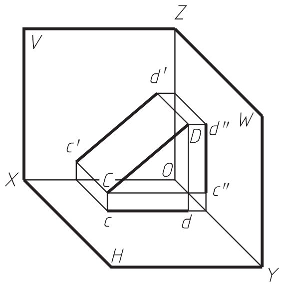
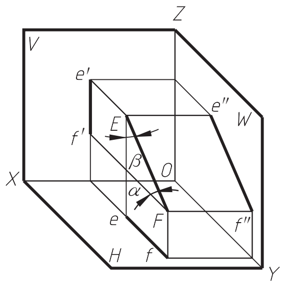
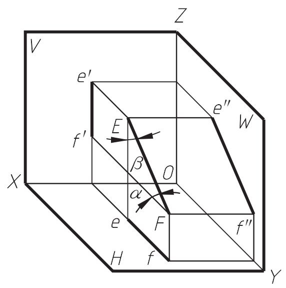
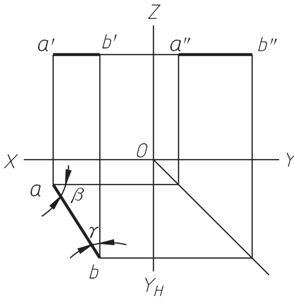
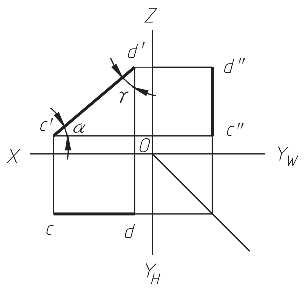
铅垂线	正垂线	侧垂线
		
		
投影特性 投影面垂直线在所垂直的投影面上的投影积聚为一个点 另外两个投影反映线段的实长，且垂直于相应的投影轴		

（2）投影面平行线　平行于一个投影面，而倾斜于另外两个投影面的直线称为投影面平行线。根据所平行的投影面不同，又分为正平线（平行于 *V* 面）、水平线（平行于 *H* 面）、侧平线（平行于 *W* 面）。投影面平行线的投影及投影特性见表 2-2。

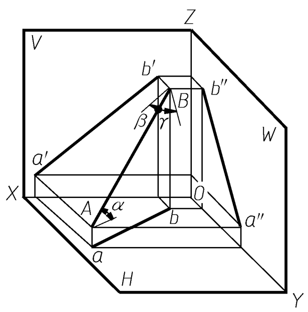
（3）一般位置直线　与三个投影面都倾斜的直线称为一般位置直线。一般位置直线的三面投影（图 2-16）有如下投影特性。

1）一般位置直线的三面投影都倾斜于投影轴，它们与投影轴的夹角均不反映该直线对投影面的真实倾角（直线对 *H*、*V*、*W* 面的倾角分别用 α、β、γ 表示）。

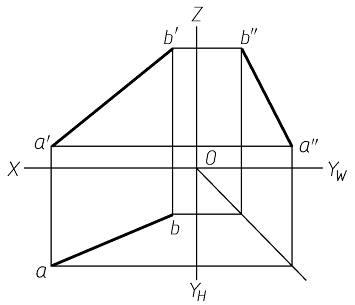
表 2-2 投影面平行线的投影及投影特性

水平线	正平线	侧平线
		
		
投影特性 投影面平行线的三个投影都为直线，其中在其平行的投影面上反映实长，而且相对投影轴倾斜，与投影轴的夹角等于直线相对另两个投影面的实际倾角 另外两个投影短于线段实长，且平行于相应的投影轴，到投影轴的距离反映空间线段到其平行的投影面的实际距离		

2）一般位置直线的三面投影的长度都小于实长。



a)



b)

图 2-16 一般位置直线的三面投影

2. 求一般位置直线的实长及其对投影面的倾角

由于一般位置直线的三面投影均不反映直线的实长和对投影面的倾角，可采用直角三角形法或旋转法来求直线的实长和对投影面的倾角。

（1）用直角三角形法求直线实长　如图 2-17a 所示，AB 是一般位置直线，过 A 作 $AB_0//ab$，得一直角三角形 ABB_0，它的斜边 AB 为其实长，$AB_0=ab$，BB_0为两端点 A 、B 的 Z 坐标差（Z_B-Z_A），AB 与 AB_0的夹角即为 AB 对 H 面的倾角。由此可见，根据一般位置直线 AB 的投影，求实长和对 H 面的倾角，实际上就是求直角三角形 ABB_0的实形。

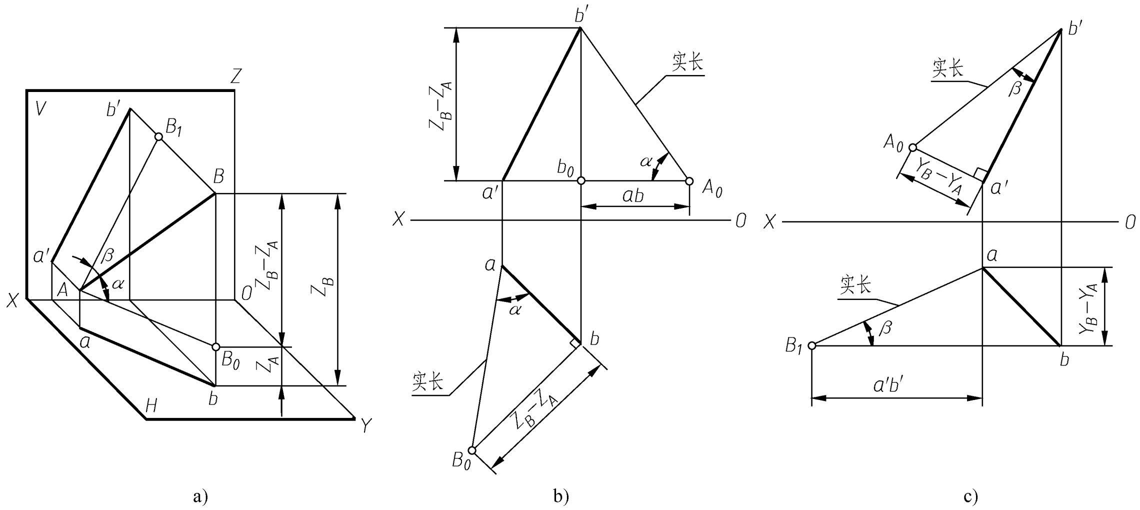


图 2-17　用直角三角形法求一般位置直线的实长及倾角

求作直线 AB 的实长和对 H 面的倾角 α 可用下列两种方法作图，如图 2-17b 所示。

1）作 H 面投影 ab 的垂线 bB_0，量取 $bB_0=Z_B-Z_A$，则 aB_0即为所求直线 AB 的实长，$\angle B_0ab$ 为倾角 α。

2）过 a'作 X 轴的平行线，与 $b'b$ 相交于 b_0（$b'b_0=Z_B-Z_A$），在 $a'b_0$的延长线上量取 $b_0A_0=ab$，则 $b'A_0$也是所求直线 AB 的实长，$\angle b'A_0b_0$为倾角 α。

同理，要求作直线 AB 对 V 面的倾角 β 时，过 A 作 $AB_1//a'b'$，得另一直角三角形 ABB_1，如图 2-17a 所示。可在 V 面投影上作出此直角三角形的实形 $a'b'A_0$，如图 2-17c 所示。A_0b' 为直线 AB 的实长，$\angle a'b'A_0$为直线 AB 对 V 面的倾角 β。

【例 2-4】　已知直线 AB 的 V、H 面投影，求出直线 AB 上距 A 点为 15mm 的 C 点的两面投影，如图 2-18 所示。

投影分析：因为 AB 为一般位置直线，不能在它的两面投影上直接确定 C 点，必须先作出 AB 的实长，在实长上定出 C 点，再返回到 AB 的两面投影上。

作图方法：

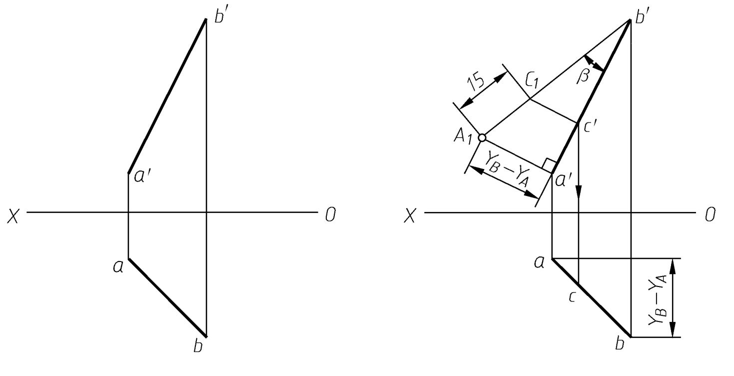
1）以 V 面投影 $a'b'$为一直角边，过 a'作 $a'A_1$、$a'b'$，取 $a'A_1=Y_B-Y_A$，连线 $A_1b'=AB$。

2）在 A_1b'上自 A_1量取 15mm 得 C_1点。

3）过 C_1点作 A_1a'的平行线与 $a'b'$交于 c'，并由此作出 c 。

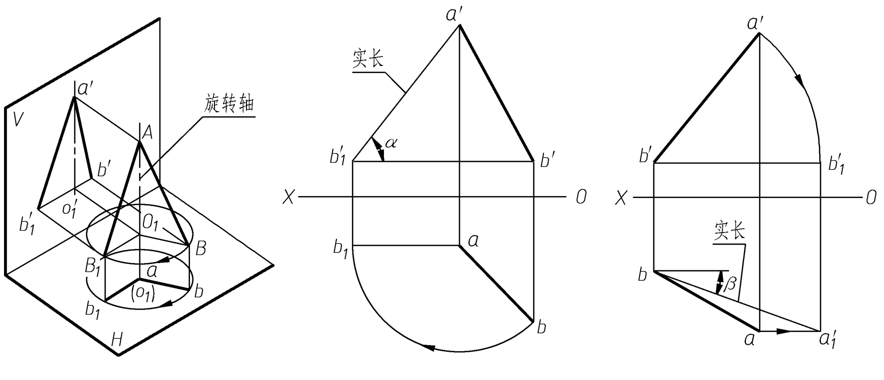
（2）用旋转法求直线实长　如果将投影面保持位置不变，而将空间的直线绕一指定轴旋转，使该直线处于平行投影面的位置，得到的投影便能反映该直线的实长和倾角，这种方法称为旋转法求实长，如图 2-19 所示。

如图 2-19a 所示，以过 A 点的铅垂线为旋转轴，将一般位置直线 AB 旋转至与 V 面平行



a)　　　　b)

图 2-18　在一般位置直线上求定点的投影



a)　　　　b)　　　　c)

图 2-19　用旋转法求一般位置直线的实长及倾角

的位置。这时 A 点的位置不变，将 B 点旋转到 B_1 的位置，使 AB_1 平行于 V 面，则 AB 在 V 面上的新投影即为实长。$a'b_1'$ 与水平线的夹角为直线对 H 面的倾角 α。

用旋转法求作一般位置直线 AB 实长及对 H 面的倾角 α 的作图步骤如图 2-19b 所示。

1）以 a 为圆心，ab 为半径作圆弧，将 b 旋转到 b_1，使 $ab_1 // X$ 轴。

2）自 b_1 作 X 轴的垂线，再过 b' 作 X 轴的平行线，使其相交于 b_1'。

3）连线 $a'b_1'$ 即为 AB 的实长，$\angle a'b_1'b' = \alpha$。

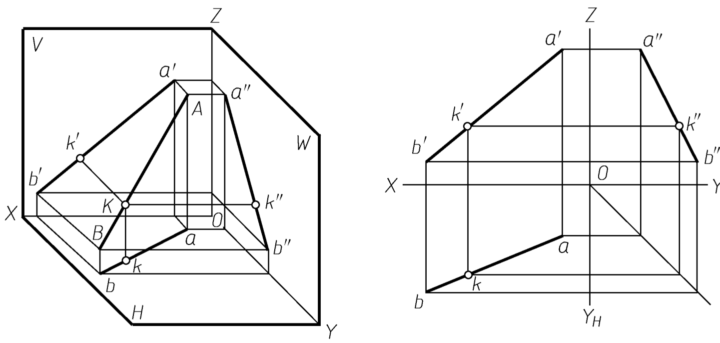
图 2-19c 所示为过 b' 作正垂线并以其为旋转轴，用旋转法求作直线 AB 的实长及其对 V 面的倾角 β 的作图方法。

3. 直线上取点

从图 2-20 可以看出，直线 AB 上任一点 K 有以下投影特性。

1）点在直线上，则点的各个投影必定在直线的同面投影上。点 K 的投影 k、k'、k'' 分别在 ab、$a'b'$、$a''b''$ 上。

2）直线被点分割的两条线段长度之比等于其投影长度之比。点 K 在直线 AB 上，则 $AK : KB = ak : kb = a'k' : k'b' = a''k'' : k''b''$。



a)　　　　b)

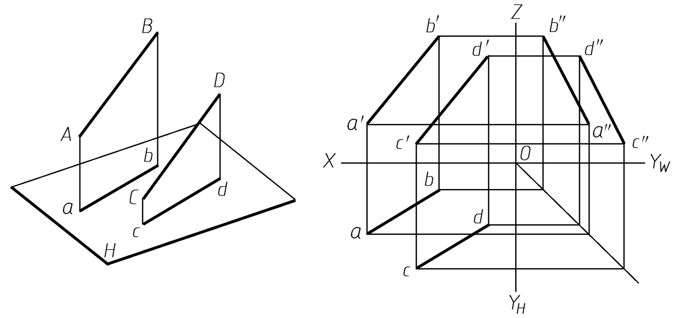
图 2-20　在直线上取点

4. 两直线的相对位置

空间两直线的相对位置有平行、相交和交叉三种情况。

（1）平行两直线　若空间两直线相互平行，则它们的各同名投影必定相互平行。如图 2-21所示，$AB//CD$，则 $ab//cd$、$a'b'//c'd'$、$a''b''//c''d''$。

反之，若两直线的各同名投影均相互平行，则两直线在空间也必定平行。

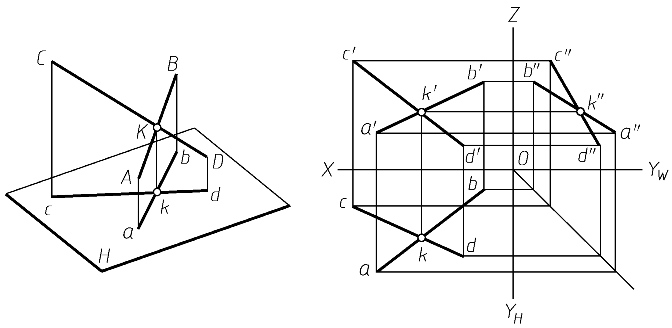


a)　　　　b)

图 2-21　平行两直线的投影

（2）相交两直线　若空间两直线相交，则它们的各同名投影必相交。交点为两直线的共有点，且交点符合点的投影规律。

如图 2-22 所示，直线 AB 和 CD 相交于点 K，点 K 是直线 AB 和 CD 的共有点，则两直线



a)　　　　b)

图 2-22　相交两直线的投影

的各同名投影的交点 k、k'、k''必是空间点 K 的投影。反之，若两直线的各同名投影相交，且交点符合点的投影规律，则此直线在空间必相交。

（3）交叉两直线　在空间既不平行也不相交的两直线，称为交叉直线，因交叉直线不在同一平面内，也称为异面直线。如图 2-23 所示，交叉两直线的同面投影上虽然有看似相交的两直线，但不符合相交两直线的投影特性。

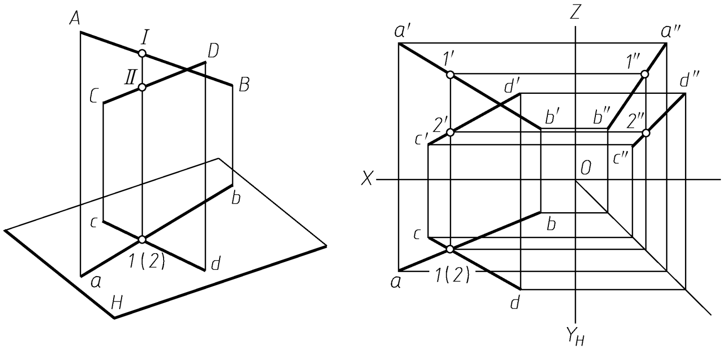


图 2-23　交叉两直线的投影

2.2.3　平面的投影

1. 平面的表示法

在投影中，平面可由下列任意一组几何元素来表示，如图 2-24 所示。

1）不在一直线上的三点。

2）一直线及直线外的一点。

3）相交两直线。

4）平行两直线。

5）任意平面图形。

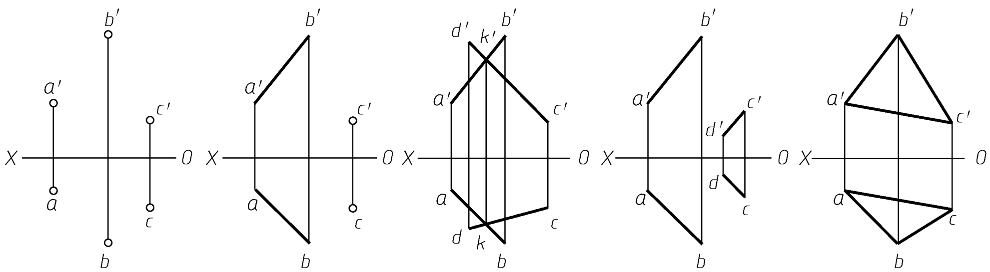


图 2-24　平面表示法

以上五种情况可以相互转化，其中最常用的是用平面图形表示平面。

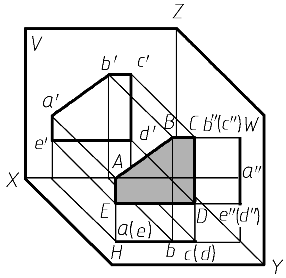
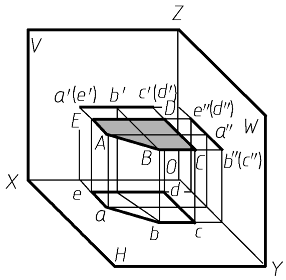
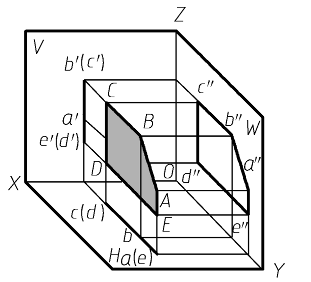
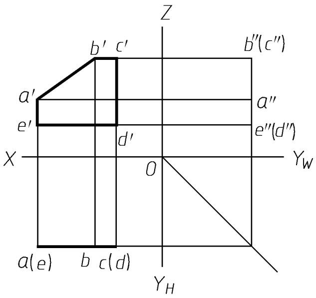
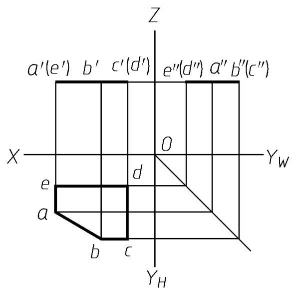
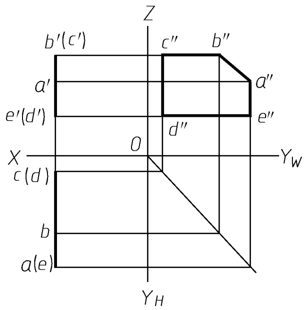
2. 各种位置平面的投影及其特性

在三投影面体系中，平面相对于投影面有三种位置，即投影面平行面、投影面垂直面和一般位置平面。

（1）投影面平行面　平行于一个投影面，而垂直于另外两个投影面的平面称为投影面平

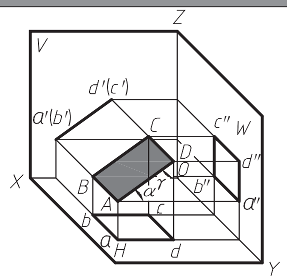
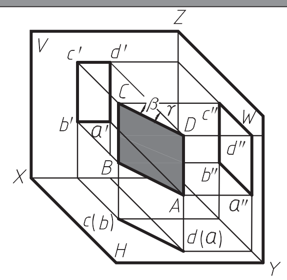
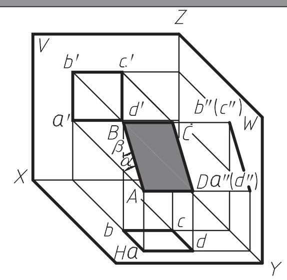
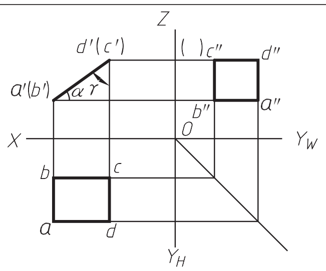
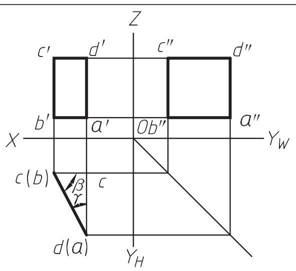
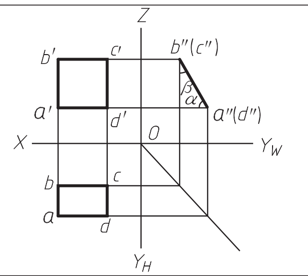
行面。根据所平行的投影面不同，又分为正平面（平行于 *V* 面）、水平面（平行于 *H* 面）、侧平面（平行于 *W* 面）。投影面平行面的投影及投影特性见表 2-3。

表 2-3 投影面平行面的投影及投影特性

正平面	水平面	侧平面
		
		
投影特性 投影面平行面在其平行的投影面上反映实形 在另两个投影面积聚为一直线，且平行于相应的投影轴		

（2）投影面垂直面　垂直于一个投影面，而倾斜于另外两个投影面的平面称为投影面垂直面。根据所垂直的投影面不同，又分为正垂面（垂直于 *V* 面）、铅垂面（垂直于 *H* 面）、侧垂面（垂直于 *W* 面）。投影面垂直面的投影及投影特性见表 2-4。

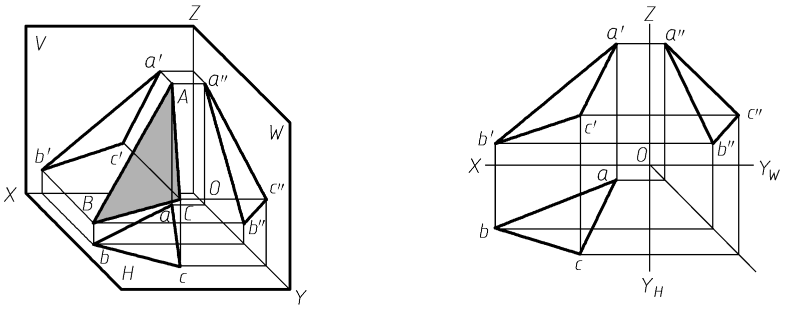
表 2-4 投影面垂直面的投影及投影特性

正垂面	铅垂面	侧垂面
		
		

（续）

正垂面	铅垂面	侧垂面
投影特性 投影面垂直面在其垂直的投影面上积聚为一直线，该积聚性投影反映平面与另两投影面的倾角 在另两个投影面的投影是比实际平面缩小的类似形		

（3）一般位置平面　与三个投影面都倾斜的平面，称为一般位置平面。如图 2-25 所示，△*ABC* 与 *H*、*V*、*W* 面均倾斜，所以在三个投影面上的投影△*abc*、△*a′b′c′*、△*a″b″c″*均为缩小了的类似形。三个投影面上的投影都不能直接反映该平面对投影面的倾角。



a)　　　　b)

图 2-25　一般位置平面的投影

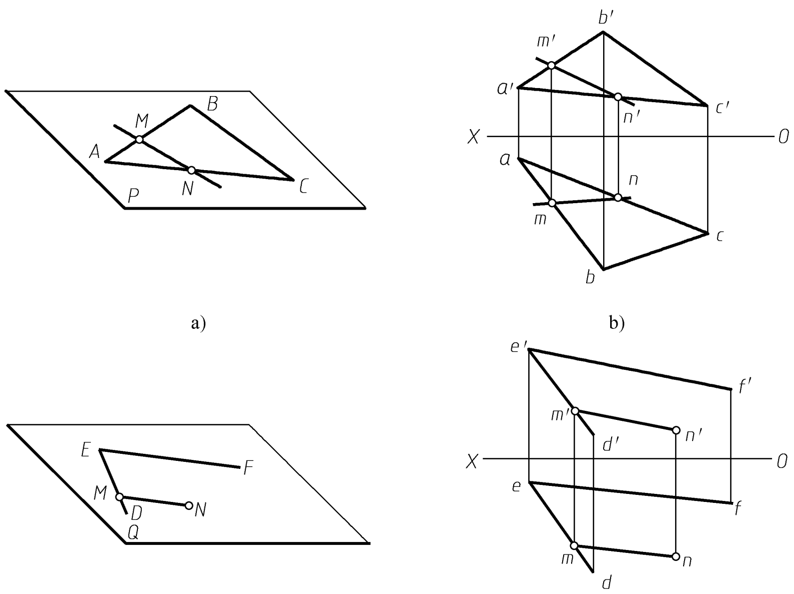
3. 平面上取直线和点

（1）平面上取直线　在平面上取直线的条件是：

1）通过平面上的两点。

2）通过平面上一点并平行于平面上的一直线。

如图 2-26a 所示，*AB*、*AC* 为两条相交直线，点 *M* 在直线 *AB* 上，点 *N* 在直线 *AC* 上，则



a)　　　　b)

c)　　　　d)

图 2-26　在平面上取直线

直线 MN 必在 AB 与 AC 相交直线决定的平面 P 上。图 2-26b 所示为其投影。

又如图 2-26c 所示，DE 与 EF 两条相交直线决定一平面 Q，在 DE 上取一点 M，过 M 作 $MN//EF$，则 MN 必在平面 Q 上。图 2-26d 所示为其投影。

（2）平面上取点　在平面上取点的条件是：

若点在平面的某一直线上，则此点必在该平面上。如图 2-27a 所示，两条相交直线 AB 和 BC 决定一平面，点 D 在直线 AB 上，点 E 在直线 BC 上，因此点 D 及 E 均在 AB 和 BC 所决定的平面上。图 2-27b 所示为其投影。

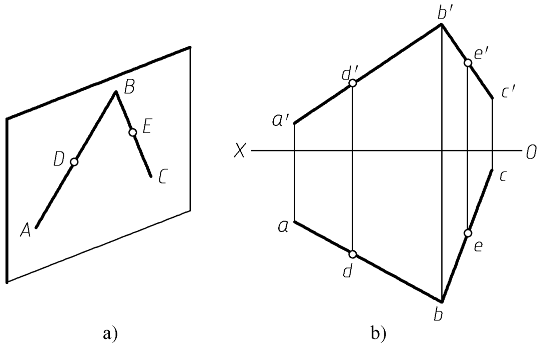


图 2-27　在平面上取点

【例 2-5】　已知△ABC 所表示的平面内一点 K 的 H 面投影 k，试求作其 V 面投影 k'，如图 2-28 所示。

投影分析：点 K 在平面内，则必在平面的一条直线上。

作图方法：

过点的已知投影 k，任作平面内一辅助直线，可以求出此线的 V 面投影，即可求出 k'。引辅助线时，应使作图尽量简单，可以过平面内两已知点作辅助线，如图 2-28a 所示；也可以过平面内一已知点，作平面内已知直线的平行线，如图 2-28b 所示；还可以在平面内任意引直线，如图 2-28c 所示。分析以上作法，其中图 2-28a 作法最简单。

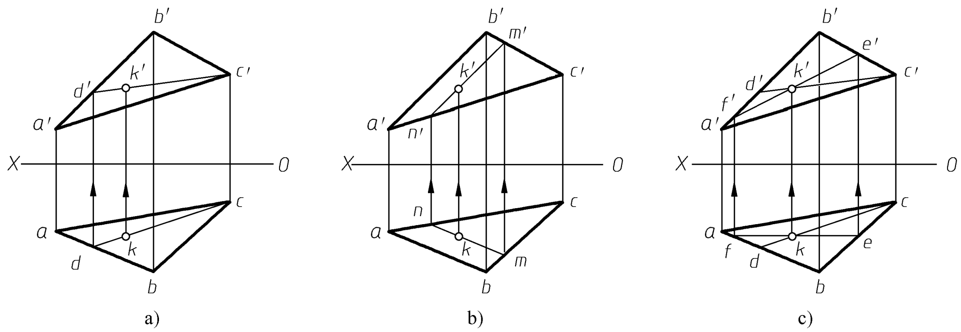


图 2-28　在平面内取点的三种作法

【例 2-6】　已知四边形 $ABCD$ 的正面投影和 BC、CD 两边的水平投影，完成四边形的水平投影，如图 2-29a 所示。

投影分析：BC、CD 是四边形平面上的相交两直线，又知正面投影，故该平面是已知的。而点 A 是属于平面上的一点，故可应用平面上取点的方法来求得点 A 的水平投影。

作图方法：

如图 2-29b 所示，连接 $b'd'$ 和 bd，

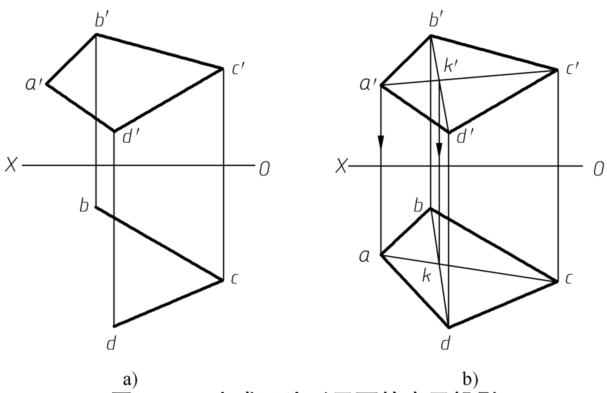


图 2-29　完成四边形平面的水平投影

再连接 $a'c'$，并与 $b'd'$ 相交于 k'，由 k' 作投影连线与 bd 相交于 k，连接 ck 并延长，与 a' 投影连线相交得 a，即为点 A 的水平投影。连接 ab 和 ad，即完成四边形 $ABCD$ 的水平投影。

本章小结

主要内容和重点：

本章主要介绍投影法概论，三面视图形成及投影规律，点、直线、平面的投影，重点介绍如何应用正投影法图示空间几何元素和空间形体的原理与方法，三面视图的形成及其投影规律。

学习要求：

正投影法是识读和绘制机械图样的理论基础，是本课程的核心内容。通过学习正投影基础，应理解和掌握以下方面知识要点。

1）理解正投影法的基本原理和投影方法，弄清三面视图的形成及其投影规律，掌握运用正投影法图示空间形体的方法并绘制立体的三面视图。

2）熟悉各种位置点、直线、平面的投影特性，掌握点、直线、平面的三面投影的画法。

第 3 章

立体的投影及表面交线与表面展开

3.1　立体及其表面上点的投影

3.1.1　平面立体及其表面上的点

立体根据其表面的性质不同，可分为两大类，如图 3-1 所示。

（1）平面立体　由平面所围成的立体，如棱柱、棱锥等，它们均由棱面和底面围成，其中相邻两棱面的交线称为棱线，底面与棱面的交线称为底边。

（2）回转面立体　由回转面或回转面与平面所围成的立体，简称回转体，如圆柱、圆锥、球等。

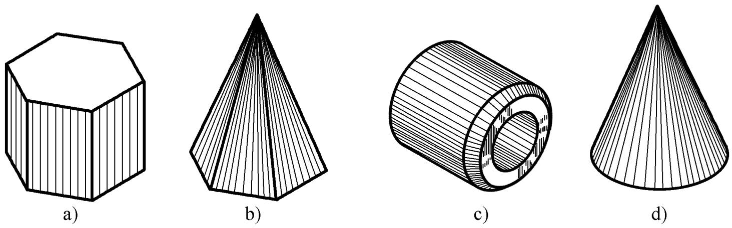


图 3-1　平面立体与回转面立体

1. 棱柱

棱柱的棱线互相平行。常见的棱柱有三棱柱、四棱柱、五棱柱和六棱柱等。以图 3-2 所示的五棱柱为例，分析其投影特征和作图方法。

（1）投影分析　图示五棱柱的两端面（顶面和底面）平行于水平面，其余棱面均垂直于水平面，其中后棱面还平行于正面。在这种位置下，五棱柱的投影特征是：顶面和底面的水平投影重合，并反映实形。五个棱面的水平投影分别积聚为五边形的五条边。

（2）作图方法　五棱柱的作图步骤如下：

1）作五棱柱的对称中心线和底面基线，确定各投影的位置。先画出具有投影特征的投影——水平投影的正五边形，如图 3-2b 所示。

2）按投影关系并量取五棱柱的高度画出正面投影，不可见棱线的投影画虚线，按投影

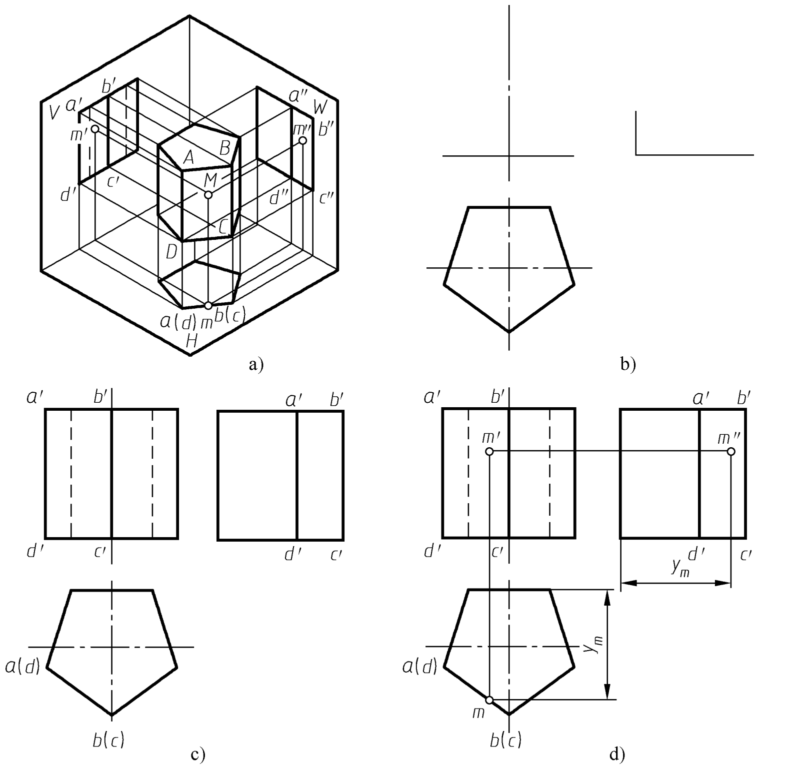


图 3-2　五棱柱的三面投影及表面上的点

关系画出侧面投影，如图 3-2c 所示。

（3）求棱柱表面上的点　如图 3-2d 所示，已知五棱柱棱面 *ABCD* 上点 *M* 的正面投影 *m*′，要求作 *M* 的另外两投影 *m*、*m*″。由于 *M* 所在棱面 *ABCD* 是铅垂面，其水平投影积聚成直线 *ab*，因此点 *M* 的水平投影 *m* 必在 *ab* 上，即可由 *m*′直接作出 *m*，然后由 *m* 和 *m*′作出 *m*″。由于棱面 *ABCD* 的侧面投影可见，所以 *m*″可见。

2. 棱锥

棱锥的棱线交于一点。常见的棱柱有三棱锥、四棱锥和五棱锥等。以图 3-3 所示的四棱锥为例，分析其投影特征和作图方法。

（1）投影分析　图 3-3a 所示四棱锥的底面平行于水平面，其水平投影反映实形。左、右两个棱面垂直于正面，它们的正面投影积聚成直线。前、后两个棱面垂直于侧面，它们的侧面投影积聚成直线。与锥顶相交的四条棱线既不平行、也不垂直任何一个投影面，是一般位置直线，所以它们在三个投影面上的投影都不反映实长。

（2）作图方法　四棱锥的作图步骤如下：

1）作四棱锥的对称中心线和底面基线，画出底面的水平投影（四边形），如图 3-3b 所示。

2）根据四棱锥的高度在正面上定出锥顶的投影位置，然后在正面投影、水平投影上分别过锥顶与底面各点的投影用直线连接，即得四条棱线的投影。由于是正四棱锥，其四条棱线的水平投影为底面投影矩形的两条对角线。再由正面投影、水平投影作出侧面投影，如图 3-3c 所示。

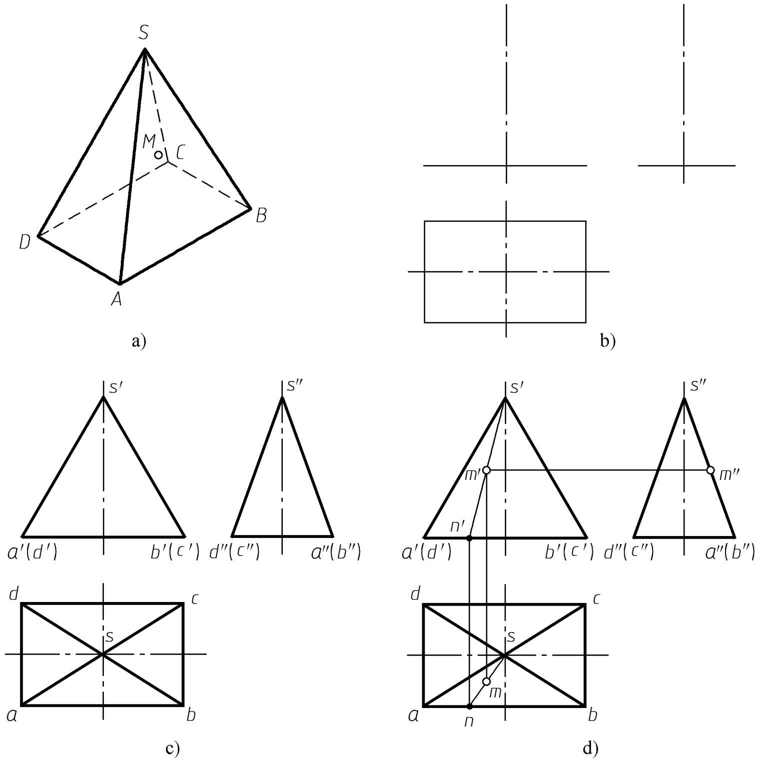


图 3-3　四棱锥的三面投影及表面上的点

（3）求棱锥表面上的点　如图 3-3d 所示，已知四棱锥棱面 *SAB* 上点 *M* 的正面投影 *m*′，求作点 *M* 的另外两个投影 *m* 和 *m*″。用辅助线法由 *s*′过 *m*′，作辅助线 *s*′*n*′，再由 *s*′*n*′作出 *sn*，在 *sn* 上定出 *m*。由于棱面 *SAB* 是侧垂面，可由 *m*′直接作出 *m*″。

3.1.2　回转面立体及其表面上的点

1. 圆柱

圆柱由圆柱面与上、下两端面围成。圆柱面可看作由一条直母线绕平行于它的轴线回转而成，圆柱面上任意一条平行于轴线的直线，称为圆柱面的素线。

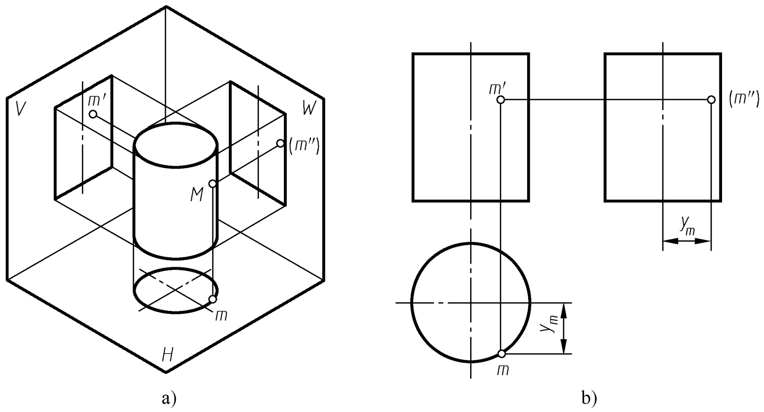


图 3-4　圆柱的三面投影及表面上的点

（1）投影分析　如图 3-4a 所示，当圆柱轴线垂直于水平面时，圆柱上、下端面的水平投影为圆，反映实形，正、侧面投影积聚成直线。圆柱面的水平投影积聚为一圆周，与两端面的水平投影重合。在正面投影中，前、后两半圆柱面的投影重合为一矩形，矩形的两条竖线分别是圆柱面最左、最右素线的投影，也是圆柱面前、后分界的转向轮廓线。在侧面投影中，左、右两半圆柱面的投影重合为一矩形，矩形的两条竖线分别是圆柱面最前、最后素线的投影，也是圆柱面左、右分界的转向轮廓线。

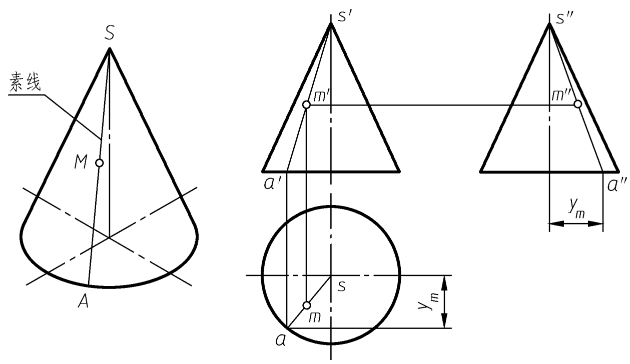
（2）作图方法　画圆柱的三面投影时，应先画出圆的中心线和圆柱轴线各投影，然后从为圆的投影画起，逐步完成其他投影。

（3）求圆柱表面上的点　如图 3-4b 所示，已知圆柱面上点 M 的正面投影 m'，求作点 M 的另外两个投影 m 和 m''。首先根据圆柱面水平投影的积聚性作出 m，由于 m'是可见的，则点 M 必在前半圆柱面上，m 必在水平投影圆的前半圆周上。再按投影关系作出 m''。由于点 M 在右半圆柱面上，所以 m''不可见，通常将不可见投影加括号以（m''）表示。

2. 圆锥

圆锥由圆锥面和底面围成。圆锥面可看作由一条直母线绕与它斜交的轴线回转而成。

（1）投影分析　图 3-5a 所示为轴线垂直于水平面的正圆锥。锥底面平行于水平面，水平投影反映实形，正面和侧面投影积聚成直线，其水平投影与底面的水平投影重合，全部可见。正面投影由前、后两个半圆锥面的投影重合为一等腰三角形，等腰三角形的两腰分别是圆锥最左、最右素线的投影，也是圆锥面前、后分界的轮廓线。圆锥的侧面投影由左、右两半圆锥面的投影重合为一等腰三角形，等腰三角形的两腰分别是圆锥最前、最后素线的投影，也是圆锥面左、右分界的轮廓线。



a)　　b)

图 3-5　用辅助素线法求作圆锥表面上的点

（2）作图方法　画圆锥的三面投影时，应先画出圆的中心线和圆锥轴线的各投影，再画出圆的投影，然后作出锥顶的各投影，完成圆锥的三面投影。

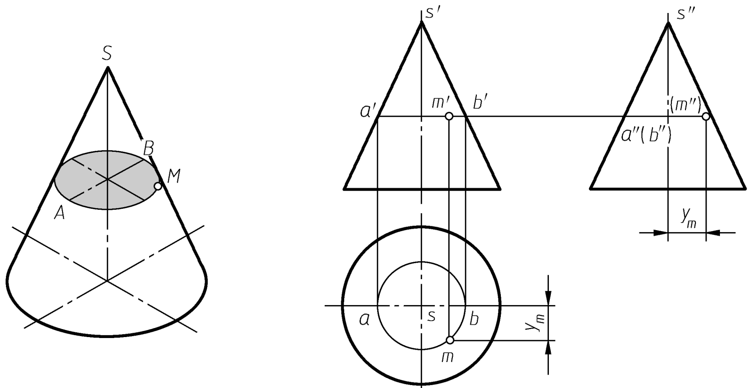
（3）求圆锥表面上的点　由于圆锥面的投影没有积聚性，所以需要在锥面上作一条包含该点的辅助线（直线或圆），先求出辅助线的投影，然后利用线上点的投影关系求出圆锥表面上点的投影。

图 3-5b 所示为用辅助素线法求圆锥表面上点的投影。过锥顶 S 和点 M 作辅助素线 SA 的投影 $s'a'$、sa、$s''a''$，根据求线上点的作图方法，m、m''必在 sa、$s''a''$上，所以可由 m'求出 m

和 m''。

图 3-6a 所示为用辅助纬圆法求锥面上点的投影。在锥面上过点 M 作一水平纬圆（垂直于圆锥轴线的圆），点 M 的各投影必在该圆的同面投影上。

如图 3-6b 所示，过 m'作圆锥轴线的垂直线，交圆锥左、右轮廓线于 a'、b'，$a'b'$即辅助纬圆的正面投影，以 s 为圆心，$a'b'$为直径，作辅助纬圆的水平投影。由 m'求得 m，由于 m'是可见的，所以 m 在前半锥面上，再由 m'、m 求得 m''。由于 M 点在右半圆锥面上，所以 m''不可见。



a)　　　　b)

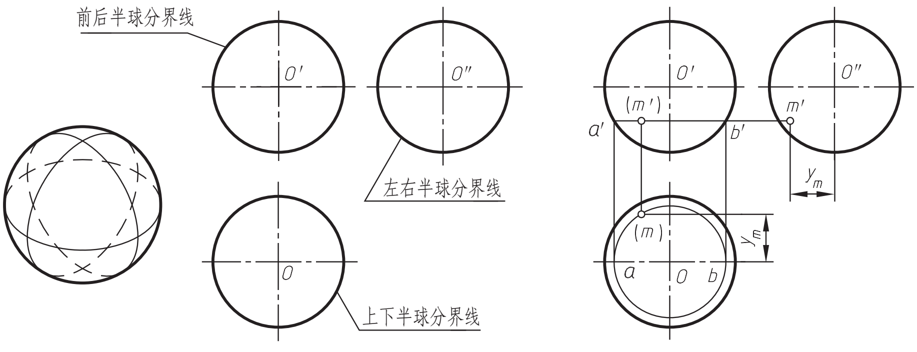
图 3-6　用辅助纬圆法求作圆锥表面上的点

3. 球

球的表面可看作由一条圆母线绕其直径回转而成。

（1）投影分析　从图 3-7a 可看出，球的三面投影都是等径圆，并且是球表面平行于相应投影面的三个不同位置的最大轮廓圆。正面投影的轮廓圆是前、后两半球面可见与不可见的分界线；水平投影的轮廓圆是上、下两半球面可见与不可见的分界线；侧面投影的轮廓圆是左、右两半球面可见与不可见的分界线。

（2）作图方法　球的画法是先确定球心的三个投影，过球心分别画出球轴线的三投影，再画出三个与球等直径的圆，如图 3-7b 所示。



a)　　　　b)　　　　c)

图 3-7　球的三面投影及表面上的点

（3）求球表面上的点　如图 3-7c 所示，已知球面上点 M 的正面投影（m'），求作 m 和 m''。由于球面的三个投影都没有积聚性，可用辅助纬圆法求解。过（m'）作水平纬圆的正面投影（积聚成水平线）$a'b'$，再作出其水平投影（以 O 为圆心，$a'b'$为直径画圆）。在该圆的水平投影上求得（m），由于（m'）是不可见的，则（m）必在下半、后半球面上。最后由（m'）、（m）求出 m''，由于点 M 在左半球面上，则 m''可见。

也可以作侧平辅助纬圆求作球表面上点的投影，作图过程请读者自行分析。

3.2　立体表面交线的投影

立体表面交线有两种：一种是平面与立体表面相交所产生的交线，称为截交线；另一种是两立体表面相交所产生的交线，称为相贯线，如图 3-8 所示。

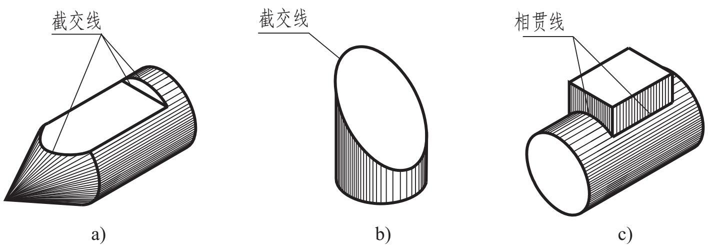


图 3-8　立体表面的交线

3.2.1　平面与立体相交的表面交线

平面与立体表面相交所产生的交线称为截交线，该平面称为截平面，由截交线所围成的平面图形称为截断面。由于立体有各种不同的形状，平面与立体相交时的相对位置又不同，因此截交线的形状也各不相同，但都具有以下两个基本特性。

（1）封闭性　因为被截切的立体是一空间形体，所以截交线为封闭的平面图形，通常由平面多边形、平面曲线或平面曲线和直线组成。

（2）共有性　截交线是截平面与立体表面共有点或共有线的集合，截交线既在截平面上，又在立体表面上，所以截交线是共有点或共有线围成的平面图形。

1. 平面与平面立体相交

平面与平面立体相交所产生的交线是一个封闭的平面图形。如图 3-9a 所示，三棱柱被正垂面 P 截切，求作截切后三棱柱的三面投影。

（1）投影分析　三棱柱被正垂面 P 截切，截平面 P 与三棱锥的三条棱线都相交，所以截交线是一个三角形，三角形的顶点为各棱线与面 P 的交点。截交线的正面投影积聚在 p' 上，$1'$、$2'$、$3'$分别为各棱线与 p'的交点；1、2、3 为截交线的水平面投影在各棱线的积聚性投影。可利用直线上点的投影性质作出侧面投影。

（2）作图方法　由 $1'$、$2'$和 $3'$，根据投影规律在侧面投影相应的棱线上作出 $1''$、$2''$、$3''$（图 3-9b），然后依次用直线连接 $1''$、$2''$、$3''$点即为所求的截交线，如图 3-9c 所示。

【例 3-1】　求正垂面与正四棱锥相交的截交线，如图 3-10 所示。

投影分析：由图 3-10a 可见，截平面 P 与四棱锥的四个侧表面都相交，所以截交线为四

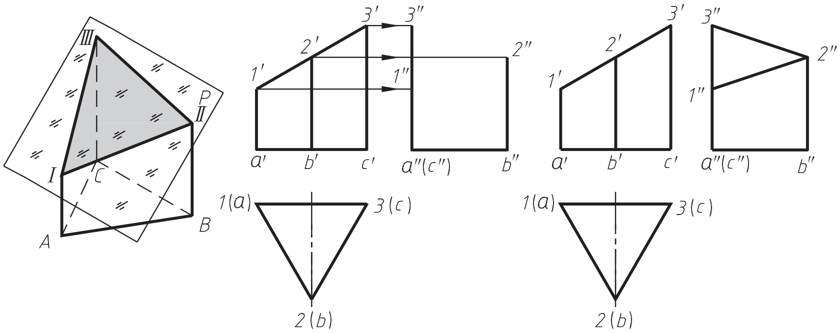
边形，其顶点为四棱锥的四条棱线与截平面 P 的交点，由于截平面 P 为正垂面，因此截交线的正面投影积聚成直线（可直接确定），然后再求水平投影和侧面投影。

作图方法：

1）直接求出截平面 P 与四棱锥四条棱线交点的正面投影 $1'$、$2'$、$3'$、$4'$。

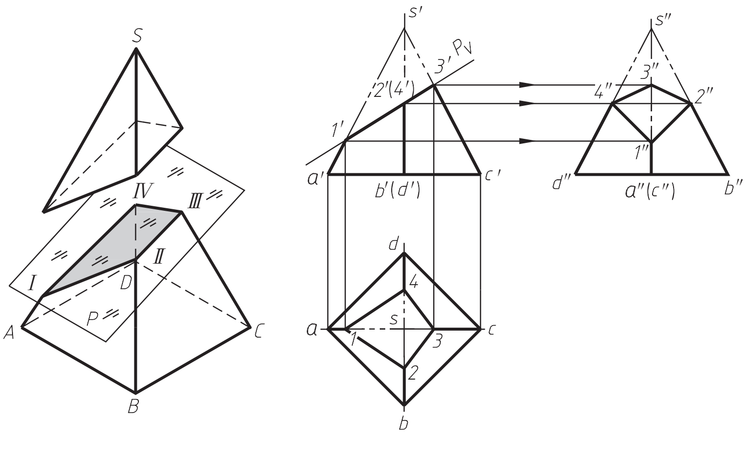
2）根据点的投影规律，在四棱锥各棱线的水平和侧面投影中求出 1、2、3、4 以及 $1''$、$2''$、$3''$、$4''$。

3）将各点的同面投影顺次连接，即得截交线的各面投影，去掉被截切的部分，即为正四棱锥被正垂面 P 截切后的投影，如图 3-10b 所示。



a) b) c)

图 3-9 平面与三棱柱相交求截交线



a) b)

图 3-10 平面与四棱锥相交求截交线

2. 平面与回转体相交

平面与回转立体相交时，其截交线一般为封闭的平面曲线，特殊情况下是直线。作图的方法是求出回转立体表面上若干条素线与截平面的交点，然后光滑连接而成截交线。截交线上一些能确定其形状和范围的点称为特殊点，如最高最低点、最左最右点、最前最后点以及可见与不可见的分界点等，其余的点称为中间点。作图时，要先作出截交线上的特殊点，再按需要作出一些中间点，最后依次连接各点而成。求点时还要判断各点的可见性。

平面与回转立体相交时，截交线的形状取决于立体表面的形状和截平面与立体的相对位置。平面与圆柱相交位置不同时的三种截交线见表 3-1。平面与圆锥相交位置不同时的五种截交线见表 3-2。

表 3-1　平面与圆柱相交位置不同时的三种截交线

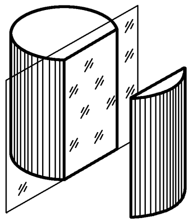
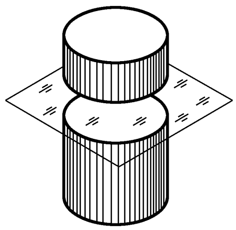
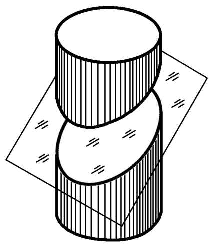
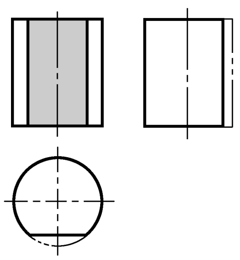
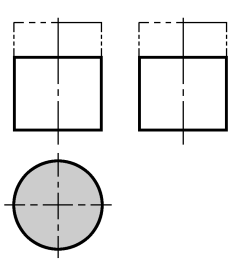
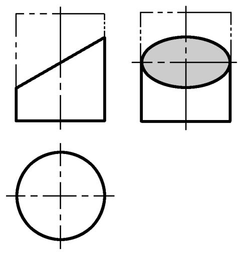
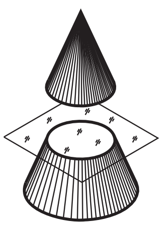
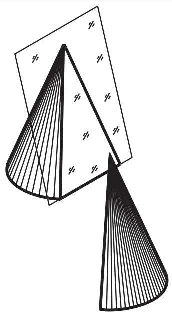
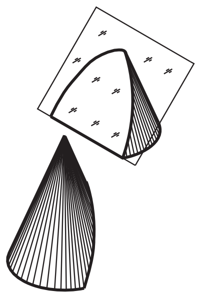
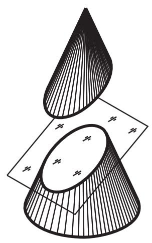
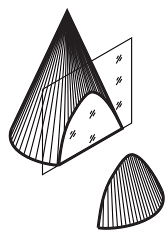
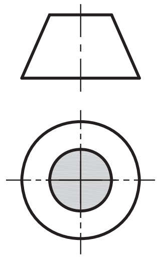
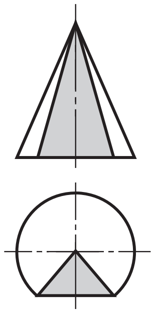
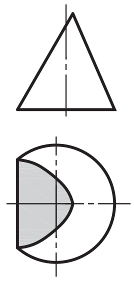
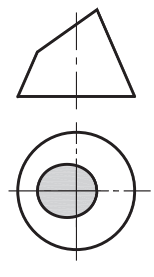
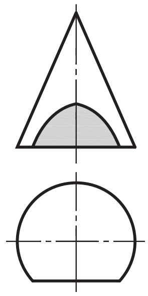
与轴线平行截交	与轴线垂直截交	与轴线倾斜截交
		
		
截交线是平行两直线	截交线是圆	截交线是椭圆

表 3-2　平面与圆锥相交位置不同时的五种截交线

与轴线垂直截交	过圆锥顶点截交	平行于素线截交	与轴线倾斜截交	与轴线平行截交
				
				
截交线是圆	截交线是两相交直线	截交线是抛物线	截交线是椭圆	截交线是双曲线

（1）平面与圆柱相交　图 3-11 所示为圆柱被正垂面 P 斜切，截交线为椭圆的作图过程。

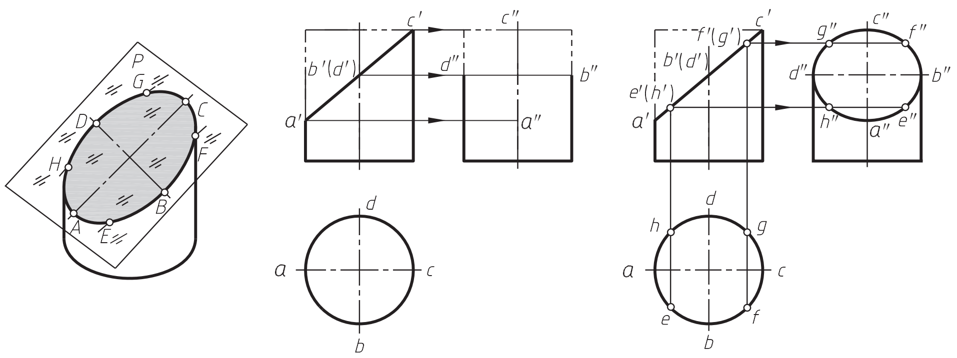
投影分析：由于截平面 P 为正垂面，所以椭圆的正面投影积聚在 p' 上，水平投影与圆柱面的水平投影重合为圆，侧面投影为椭圆。

作图方法：

1）求特殊点。由图 3-11a 可知，截交线为椭圆，最低点 A、最高点 C 是椭圆长轴两端点，也是位于圆柱最左、最右素线上的点。最前点 B、最后点 D 是椭圆短轴两端点，也是位于圆柱最前、最后素线上的点。如图 3-11b 所示，A、B、C、D 的正面投影和水平投影可利用积聚性直接求得。然后根据正面投影 a'、b'、c'、(d') 和水平投影 a、b、c、d 求得侧面投影 a''、b''、c''、d''。

2）求中间点。为了准确作图，还必须在特殊点之间作出适当的中间点，如图 3-11c 中的 E、F、G、H 各点，可先作出它们的水平投影，再作出正面投影，然后根据水平投影 e、f、g、h 和正面投影 e'、f'、(g')、(h') 作出侧面投影 e''、f''、g''、h''。

3）依次光滑连接 $a''e''b''f''c''g''d''h''$，即为所求圆柱截交线的侧面投影，如图 3-11c 所示。

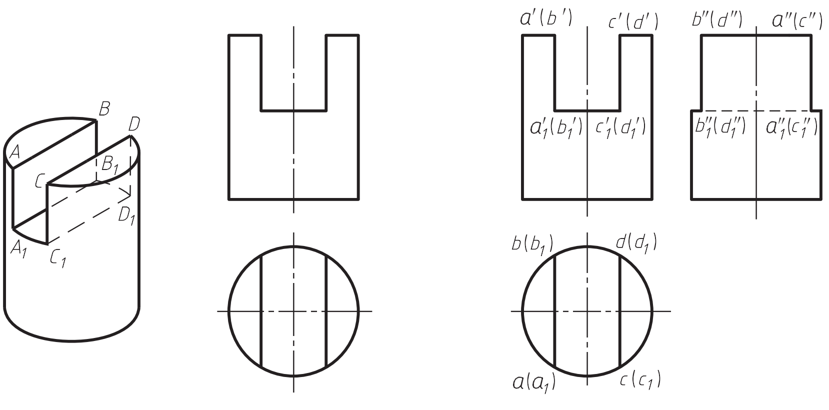


a)　　b)　　c)

图 3-11　平面与圆柱相交求截交线

必须注意：随着截平面 P 与圆柱轴线倾角的变化，所得截交线椭圆的长、短轴的投影也相应变化。当 P 面与轴线成 45°时，椭圆长、短轴的投影相等，即为正圆。

【例 3-2】　如图 3-12a 所示，已知顶部开槽圆柱的正面投影和水平投影，求作侧面投影。



a)　　b)　　c)

图 3-12　开槽圆柱的画法

投影分析：圆柱顶部被左、右对称的两个侧平面和一个水平面截切，两个侧平面与圆柱面的截交线为四条平行于圆柱轴线的铅垂线，水平面与圆柱面的截交线为平行于水平面的两段圆弧，利用截平面与圆柱表面投影的积聚性，可直接求出截交线的投影。

作图方法：

1）画出圆柱侧面投影的轮廓线，如图 3-12b 所示。

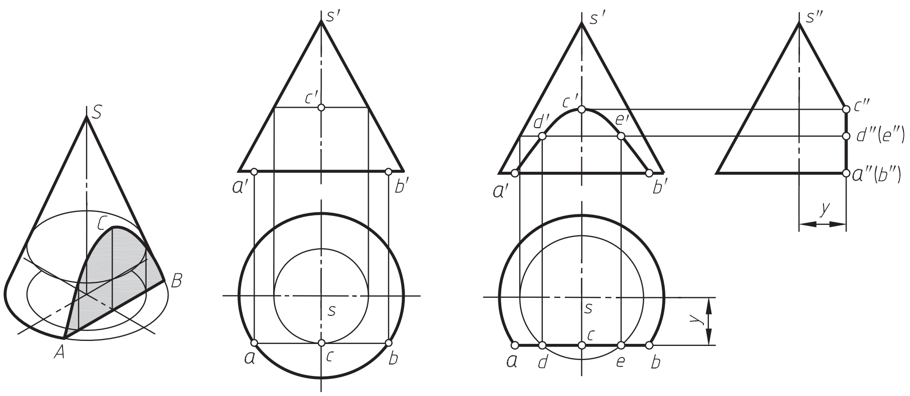
2）由两侧平面与圆柱面所交四条直线的水平投影积聚为 $a(a_1)$、$b(b_1)$、$c(c_1)$、$d(d_1)$ 及正面投影为直线段 $a'a_1'$、$(b'b_1')$、$c'c_1'$、$(d'd_1')$，可直接求出其侧面投影 $a''a_1''$、$b''b_1''$、$(c''c_1'')$、$(d''d_1'')$。

3）由水平面与圆柱面所交的两段圆弧的水平投影 a_1c_1、b_1d_1 与正面投影 $a_1'c_1'$、$b_1'd_1'$，可直接求出其侧面投影 $a_1''c_1''$、$b_1''d_1''$。

4）在侧面投影中，处于切口底面的截交线由于被圆柱面遮住一段不可见，应画成虚线。

（2）平面与圆锥相交　图 3-13 所示为圆锥被正平面切割后形成截交线的作图过程。

投影分析：由于截平面平行于正面，所以截交线的水平投影积聚为直线。可由截交线的水平投影采用辅助纬圆法或辅助素线法求作正面投影，如图 3-13a 所示。



a)　b)　c)

图 3-13　平面与圆锥相交求截交线

作图方法：

1）求特殊点。截交线的最低点 A、B 是截平面与圆锥底圆的交点，可直接作出 a、b 和 a'、b'。由于截交线的最高点 C 是截平面与圆锥面上最前素线的交点，所以最高点的水平投影在 ab 的中点 c 处，过 c 作水平纬圆，该圆的正面投影为水平线，由 c 作出 c'，如图 3-13b 所示。

2）求中间点。在截交线的适当位置作水平纬圆，该圆的水平投影与截交线的水平投影交于 d、e，即为截交线上两点的水平投影，由 d、e 作出 d'、e'。依次光滑连接 $a'd'c'e'b'$，即为截交线的正面投影，如图 3-13c 所示。

（3）平面与球相交　平面与球相交时，其截交线均为圆。当截平面平行于投影面时，截交线在该投影面上的投影反映真实大小的圆，另外两投影则分别积聚成直线；当截平面为投影面垂直面时，截交线在该投影面上的投影积聚成直线，另外两投影为椭圆；当截平面倾斜于三个投影面时，截交线在空间虽为圆，但三个投影均为椭圆。

图 3-14 所示为球被正垂面 P 切割后形成截交线的作图过程。

投影分析：球被正垂面切割，截交线的正面投影积聚成直线，水平投影（和侧面投影）为椭圆。

作图方法：

1）求特殊点。截交线的最低点 A 和最高点 B 也是最左点和最右点，并且是截交线水平投影椭圆短轴的两端点，其正面投影 $a'b'$ 是截平面与球的正面投影轮廓线的交点。水平投影 a、b 在其正面投影轮廓线的水平投影（与中心线重合）上。$a'b'$ 的中点 $c'(d')$ 是截交线的水平投影椭圆长轴两端点的正面投影，过 $c'(d')$ 作水平纬圆求得 c、d，如图 3-14a 所示。

在正面投影上截平面与水平中心线相交处定出 $e'(f')$，由 $e'(f')$ 在球面水平投影的轮廓线（即球面的上下分界圆的水平投影）上作出 ef，即为球面被切割后的水平投影轮廓线的切点，如图 3-14b 所示。

2）求中间点。在截交线的正面投影上适当位置定出 $g'(h')$，作水平纬圆求得 gh。光滑连接 $aecgbhdf$ 即为截交线椭圆的水平投影，如图 3-14c 所示。

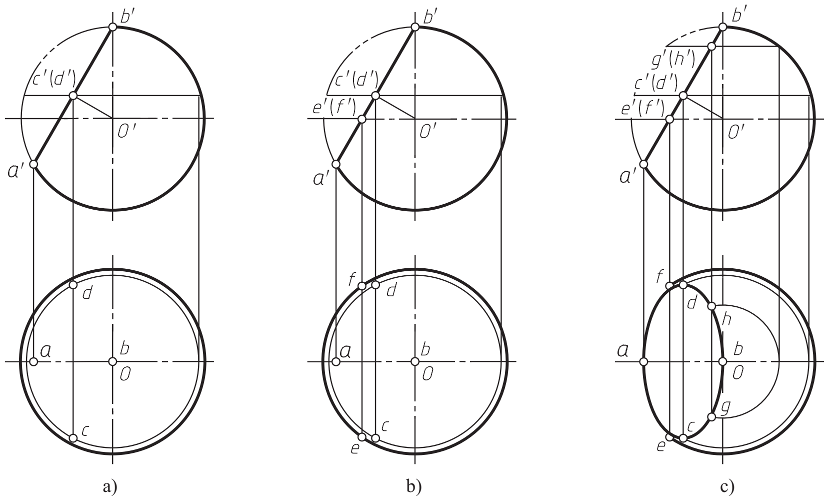


图 3-14 平面与球相交

必须注意：在俯视图上，椭圆长轴两端点 c、d 是截交线的最前、最后点，e、f 是球面被切割后的水平投影轮廓线的端点。

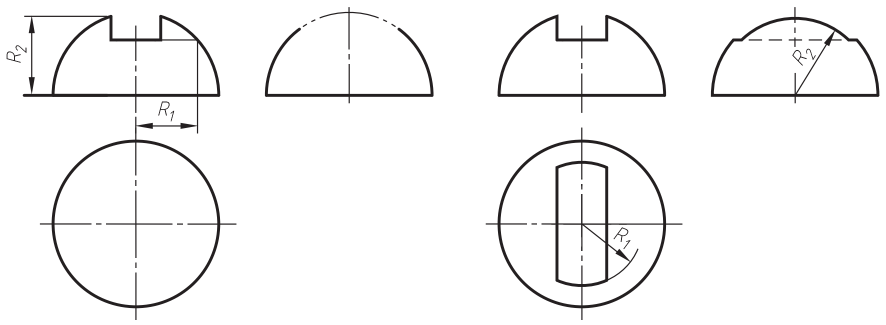
【例 3-3】 已知开槽半球的正面投影，求作水平投影和侧面投影，如图 3-15a 所示。

投影分析：半球上的开槽可看成由一个水平面和两个侧平面切割球面而成。切口各面与半球表面的交线都是圆弧，其半径分别为 R_1、R_2。

作图方法：

1）如图 3-15b 所示，作切槽的水平投影。切槽底面的水平投影由两段相同的圆弧和两段积聚性直线组成，圆弧的半径为 R_1，从正面投影中量取。

2）作切槽的侧面投影。因切槽的两侧面为侧平面，其侧面投影为圆弧，半径 R_2 从正面投影中量取。切槽的底面为水平面，其侧面投影积聚为一直线，中间部分不可见，画成虚线。



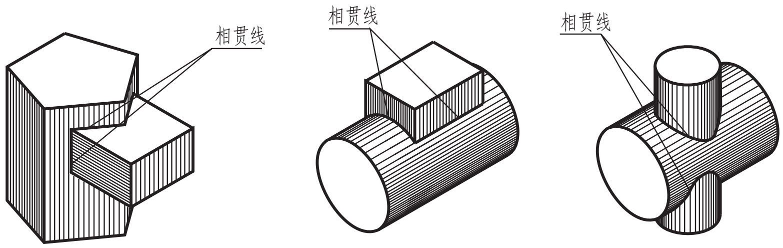
a)　　b)

图 3-15　开槽半球的投影

3.2.2　立体与立体相交的表面交线

立体与立体相交的表面交线称为相贯线（图 3-16），根据立体的几何性质不同可分为：平面立体与平面立体相交，平面立体与回转立体相交，回转立体与回转立体相交。

本节主要介绍常见的回转立体与回转立体相交时的相贯线问题。



a)　　b)　　c)

图 3-16　立体与立体表面交线——相贯线

两回转立体相交时，相贯线具有以下特性：

1）相贯线是两回转立体表面的共有线，也是两回转体表面的分界线。相贯线的点是两回转立体表面的共有点。

2）相贯线一般为封闭的空间曲线，特殊情况下是平面曲线或直线。

1. 圆柱与圆柱相交

图 3-17a 所示为两圆柱正交时（两圆柱轴线垂直相交）的情况。

（1）投影分析　从图中看到直立圆柱的直径小于横倒圆柱的直径，其相贯线应为封闭的空间曲线，且前后、左右对称。

由于直立圆柱的水平投影和横倒圆柱的侧面投影都具有积聚性，所以相贯线的水平投影和侧面投影分别重合在有积聚性的圆周上，因此只要求得相贯线的正面投影即可。

因为相贯线前后、左右对称，在其正面投影中，可见的前半部与不可见的后半部重合，且左右对称。

（2）作图方法　异径正交两圆柱作图步骤如下：

1）求特殊点。由于两圆柱轴线相交，且同时平行于正立投影面，故两圆柱面正面转向线位于同一正平面内。因此，它们的正面投影的交点 a'、b' 是相贯线上的最高点，（也是最

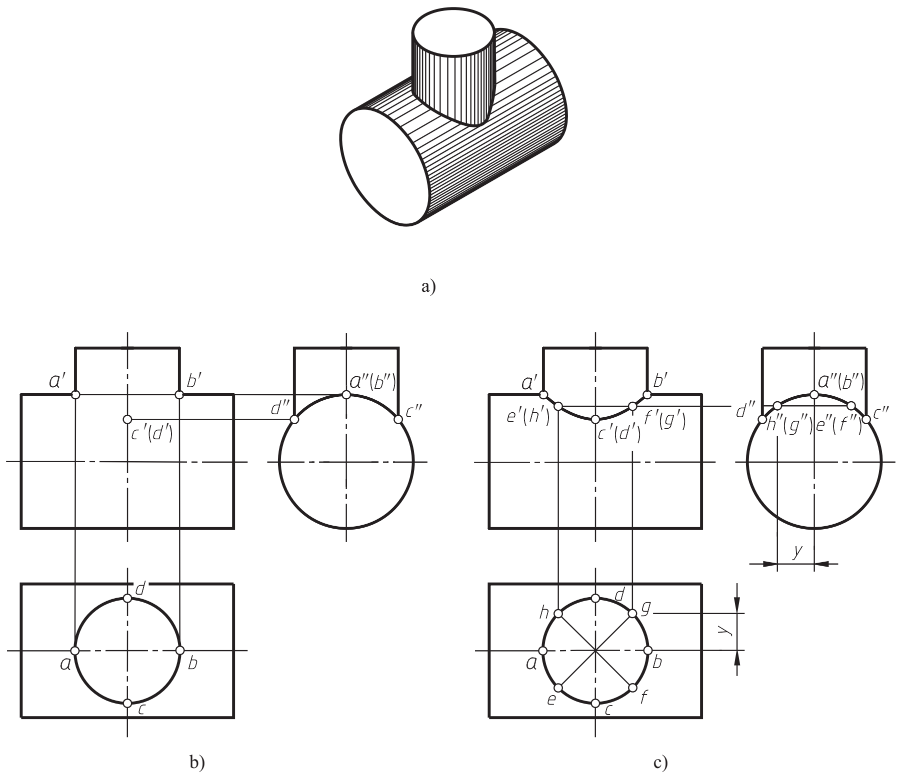


图 3-17　求异径两圆柱正交时的相贯线

左、最右点）的投影；相贯线上的最低点（也是最前、最后点）的正面投影 $c'(d')$ 可自侧面投影求得，如图 3-17b 所示。

2）求中间点。在相贯线的水平投影上任取 e、f 点，求出相应的侧面投影 $e''(f'')$ 后，再按投影关系求出正面投影 $e'f'$。

3）将各点按顺序光滑地连接起来即可。由于相贯线前后对称，正面投影的前后部分重合，故只画一条曲线，如图 3-17c 所示。

两回转立体相交，可能外表面相交，也可能内表面相交（图 3-18），但其相贯线的形状和求法都是相同的。

当直径相等的两圆柱相交时，相贯线为两个相交的椭圆平面，其正面投影积聚为垂直相交两直线。

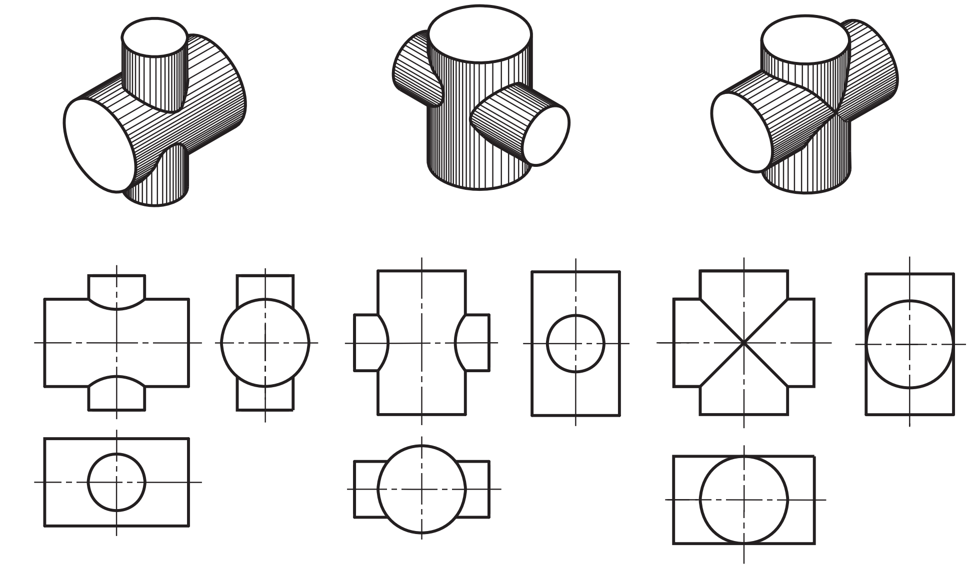
2. 圆柱与球相交

当圆柱的轴线通过球心时，其相贯线为垂直圆柱轴线的圆，若圆柱轴线平行于投影面，则相贯线在该面上的投影为直线。图 3-19 所示为圆柱轴线通过球心在不同位置时相贯线的情况。

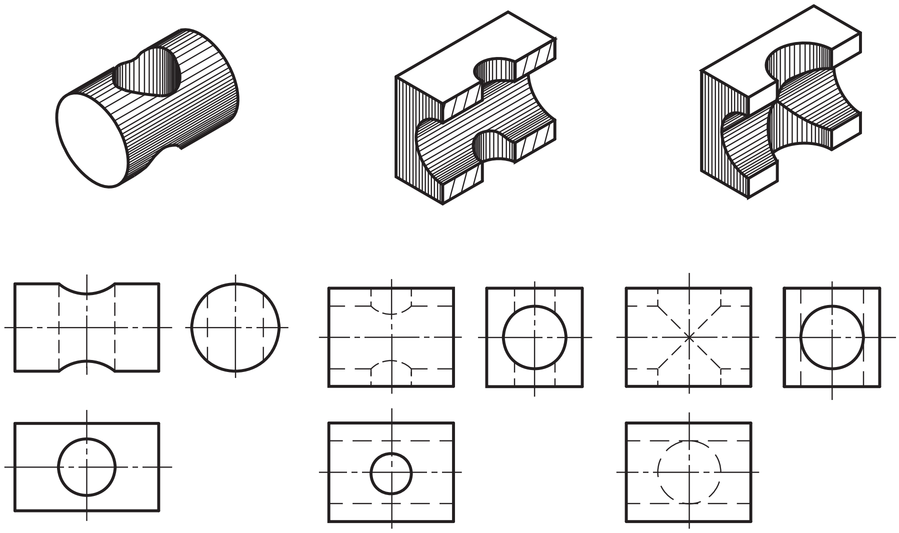
【例 3-4】　求作半球与两个圆柱组合时的相贯线，如图 3-20a 所示。

投影分析：

小圆柱的上半部与半球相交，由于圆柱轴线通过球心，且垂直于侧立投影面，所以其相贯线为平行于侧立投影面的半圆弧。



a) 圆柱外表面相交



b) 圆孔表面相交

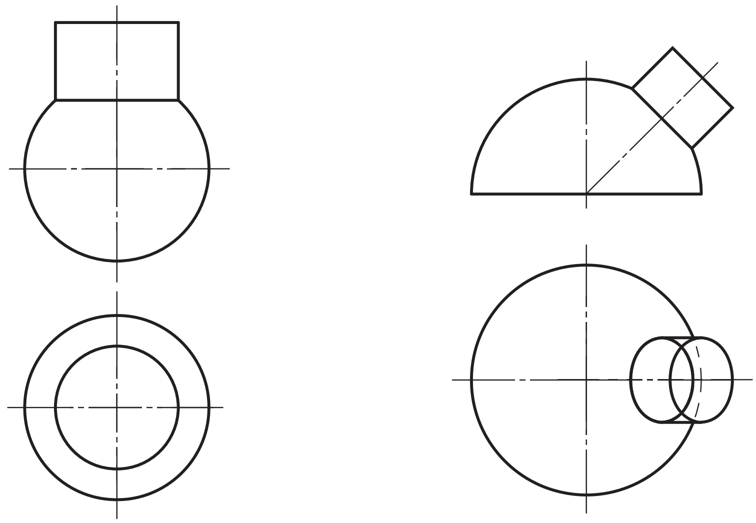
图 3-18　两圆柱相交的各种形式

小圆柱下半部与大圆柱正交，其相贯线为一段空间曲线。

作图方法：

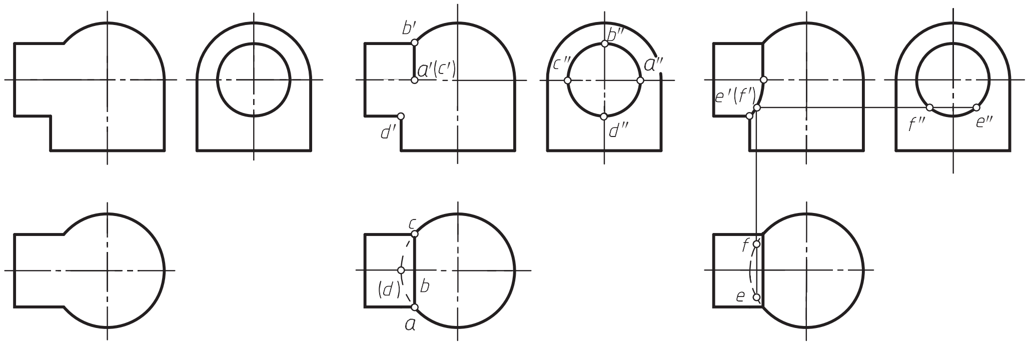
1）求特殊点。小圆柱的上半部与半球的相贯线与小圆柱面有积聚性圆弧的侧面投影重合，从而确定 $a''b''c''$，其正面投影和水平投影均为垂直于小圆柱轴线的直线段 $a'(c')b'$ 和 abc。

由于小圆柱轴线垂直于侧立投影面，大圆柱的轴线垂直于水平投影面，所以相贯线的侧面投影和水平投影分别积聚为 $a''d''c''$和 $a(d)c$ 两段圆弧。已知侧面投影和水平投影作正面投影求得 $a'd'(c')$，如图 3-20b 所示。



a)　　　　b)

图 3-19　圆柱轴线通过球心在不同位置时相贯线的情况



a)　　　　b)　　　　c)

图 3-20　半球与两个圆柱组合相交时相贯线的画法

2）求中间点。再根据小圆柱的侧面投影在适当的位置确定 $e''f''$，按投影关系求得水平投影 ef 和正面投影 $e'(f')$，如图 3-20c 所示。

3）最后依次光滑地连接各投影面上的点，完成相贯线的投影。

3.3　立体表面的展开

将立体的表面按照其实际形状和大小，依次摊平在同一平面上，称为表面展开。展开后所画得的平面图形，称为展开图。图 3-21 所示的煤粉分离器是一个金属薄板制件，其制造过程首先将表面展开，根据展开图下料、弯曲成形、最后焊接或铆接而成。

3.3.1　平面立体表面的展开

平面体的表面都是由平面多边形组成。平面立体表面展开是先求出平面的实形后，按一

定的排列顺序摊平，即可得到其展开图。最常见的为棱柱和棱锥的表面展开。

1. 棱柱表面的展开

图 3-22 所示为斜头四棱柱管展开图画法。根据图 3-22a、b分析，由于围成四棱柱管的四个表面（即棱面）分别平行于正面和侧面，因此正面投影和侧面投影均反映该表面的实形，由此可直接度量各表面的边长，并按各表面的排列顺序画出展开图，如图 3-22c 所示。

2. 棱锥表面的展开

图 3-23 所示为四棱锥管展开图画法。根据图 3-23a、b 分析，四棱锥管的表面是由四个等腰梯形平面组成，它们的投影都不反映实形。为了作出它们的展开图，必须先求出四个等腰梯形平面的实形。为此可将各个梯形平面用对角线连接分成两个三角形，用前面所介绍的直角三角法或旋转法求出各三角形边的实长，最后按照平面的排列顺序画出四棱锥管的展开图。

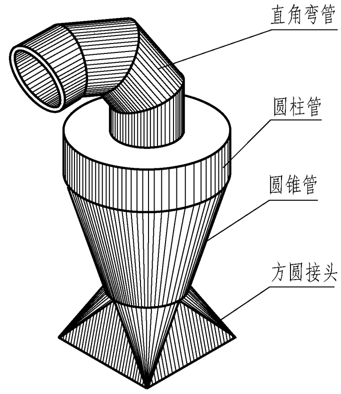


图 3-21 煤粉分离器

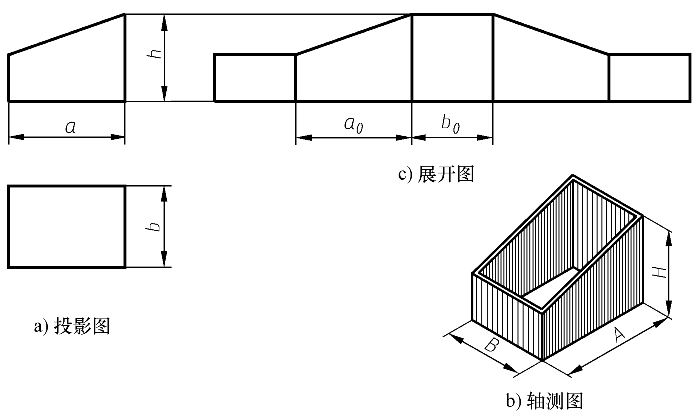


图 3-22 斜头四棱柱管展开图画法

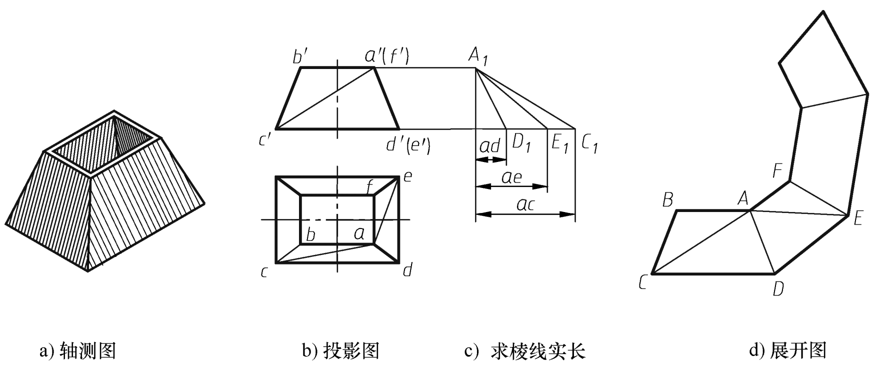


图 3-23 四棱锥管展开图画法

画法步骤如下：

1）用直线连接 $a'c'$、ac、ae，分成△ACD 和△ADE，如图 3-23b 所示。

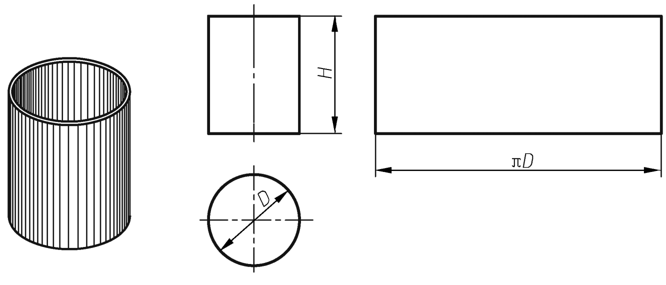
2）用直角三角形法求得△ACD 中 AC、AD 边和△ADF 中 DF 边的实长，得到两个三角形的真形，如图 3-23c 所示。

3）按三角形的排列顺序依次将其展开摊平，即得到四棱锥管展开图，如图 3-23d 所示。

3.3.2 回转面立体表面的展开

1. 圆柱表面的展开

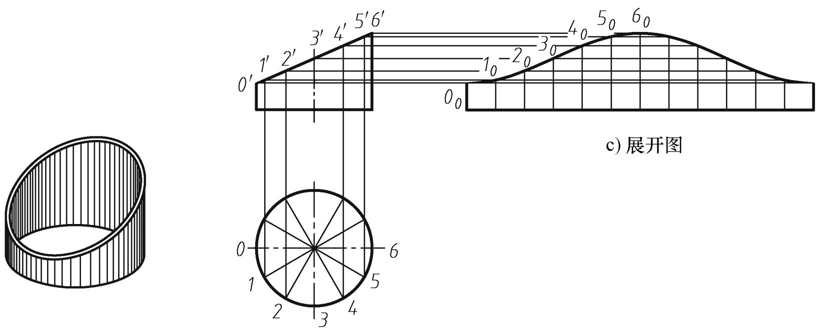
（1）圆柱管表面的展开　圆柱管的展开图为一矩形，矩形的长度等于圆柱管的周长，即周长 = πD（D 为直径）。矩形的高度为 H，以此可画出圆柱管的展开图，如图 3-24 所示。



a) 轴测图　b) 投影图　c) 展开图

图 3-24　圆柱管展开图画法

（2）斜头圆柱管表面的展开　图 3-25a 所示为一斜头圆柱管。分析可知，斜头圆柱管表面上的各条素线长度不等，但这些素线都反映实长，依据这些素线的长度和间距，可画出斜头圆柱管的展开图。



a) 轴测图　b) 投影图　c) 展开图

图 3-25　斜头圆柱管展开图画法

作图方法：

1）将投影的圆周分为若干等份（例图中为 12 等份），并在正面投影上将各等分点的素线画出来，如图 3-25b 所示。

2）度量 12 等份圆周，完成斜头圆柱管的展开图（为一矩形），并画出 12 条素线。

3）在斜头圆柱管展开图作出各条素线的实长，如图 3-25c 所示。

4）用曲线光滑地连接各条素线的上端点，即完成斜头圆柱管的展开图，如图 3-25c 所示。

（3）三通管表面的展开　图 3-26 所示为三通管展开图画法，根据图 3-26b 分析，三通管以相贯线为界分为Ⅰ、Ⅱ两个圆柱管，因此要分别画出两个圆柱管的展开图。圆柱管Ⅰ表面素线的长度沿相贯线变化，素线的正面投影均反映实长，展开图的画法与斜头圆管的方法相同。画圆柱管Ⅱ展开图时，需将相贯线范围的孔的部分挖去，因此还要画出相贯线的展开图。

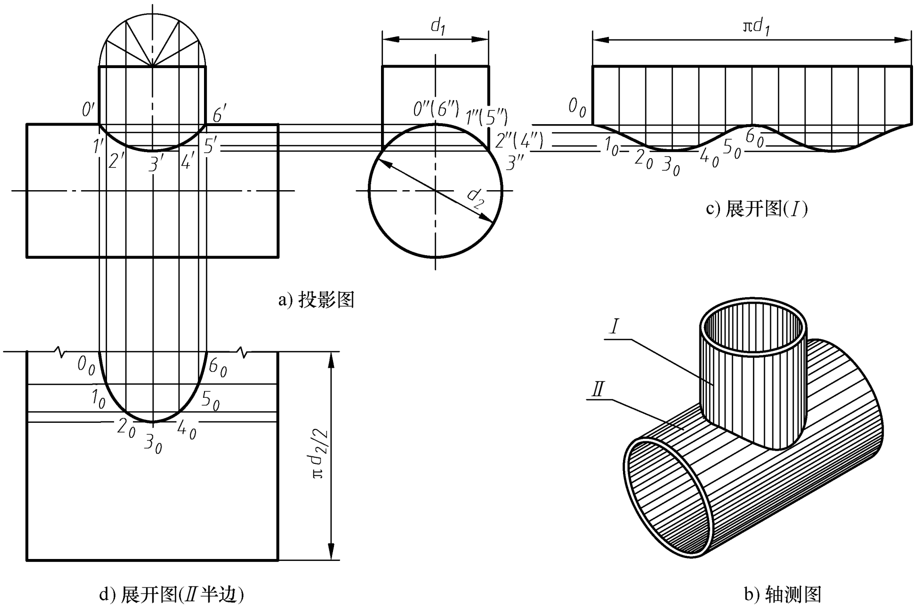


图 3-26　三通管展开图画法

作图方法：

1）将圆柱管Ⅰ的圆周分作若干等份（例图中为 12 等份），并在正面投影上将各等分点的素线画出来，与相贯线相交点（相贯点）的长度即为素线的实长，如图 3-26a 所示。

2）按照斜头圆柱管展开图画法画出圆柱管Ⅰ的展开图，如图 3-26c 所示。

3）再画出圆柱管Ⅱ的展开图（为一矩形）。

4）在圆柱管Ⅱ的展开图对应的素线上求出各相贯点，用曲线依次将各相贯点光滑地连接起来，即完成相贯线的展开图（其形状是一个椭圆孔），如图 3-26d 所示。

（4）直角弯管的表面展开　图 3-27 所示为直角弯管展开图画法，根据图 3-27a、b 分析，直角弯管用四节斜头圆柱管焊接而成，所以直角弯管展开图画法与斜头圆柱管方法相同。

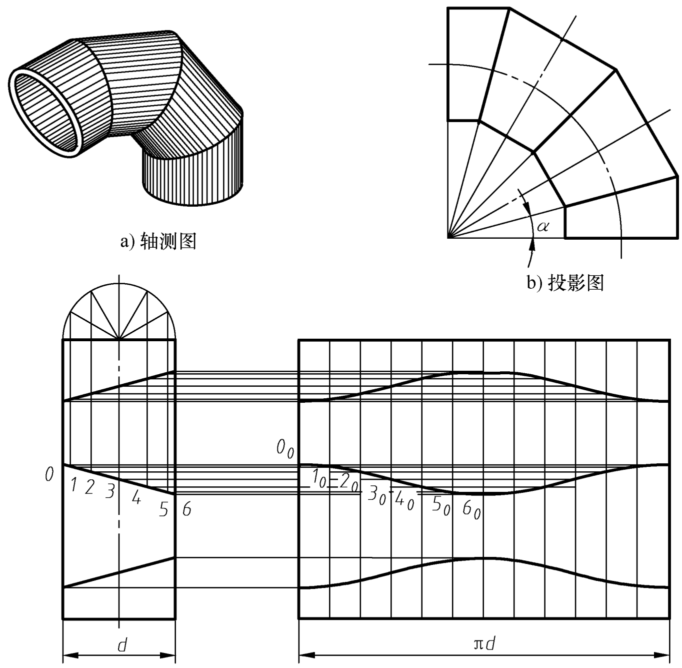
作图方法：

1）由于直角弯管中各节圆柱管的管径和斜头的倾斜角 α 相同，可把各节斜头圆柱管叠合成一个完整的圆柱管，用拼合方法完成展开图，如图 3-27c 所示。

2）逐个画出各节斜头圆柱管的展开图，即完成直角弯管展开图，如图 3-27d 所示。

2. 圆锥表面的展开

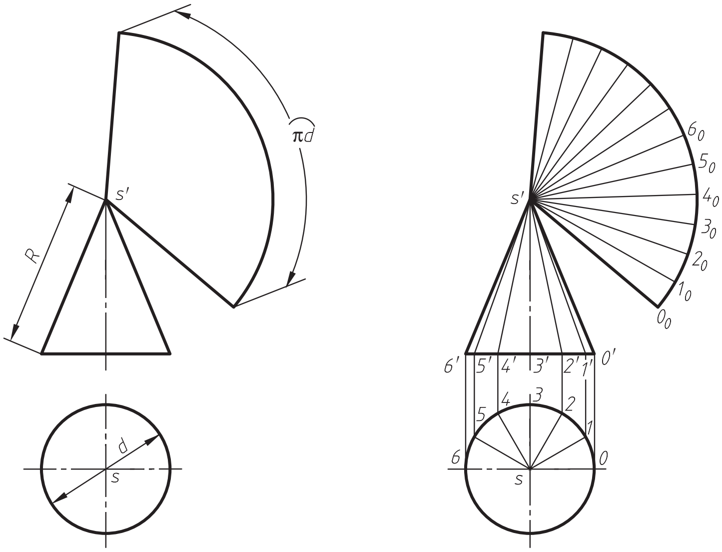
（1）正圆锥的表面展开　正圆锥表面的展开图是扇形，扇形圆弧的半径等于正圆锥素



a) 轴测图 b) 投影图 c) 叠合成圆柱管 d) 拼合在一起画展开图

图 3-27 直角弯管展开图画法

线的长度 R，弧长等于正圆锥底圆的周长，扇形角 $\alpha = 180° d/R$，如图 3-28a 所示。



a) 用计算法展开 b) 用作图法展开

图 3-28 正圆锥展开图画法

画正圆锥展开图时，可将正圆锥的表面分成若干个相等的等腰三角形，每一个等腰三角

形看成是一个等腰三角形平面，求得等腰三角形平面的实形后，依次将这些三角形平面展开摊平即得到正圆锥的展开图，如图 3-28b 所示。

（2）斜头圆锥管的表面展开　根据图 3-29b 分析，斜头圆锥管可看成是圆锥被一个平面斜切去锥顶部分而形成的。画斜头圆锥管的展开图，是先将圆锥的展开图画好，再从展开图中相应的素线上截去锥顶部分的素线而成。在投影中有的素线不反映实长，可用直角三角形法或旋转法求得实长后画出。

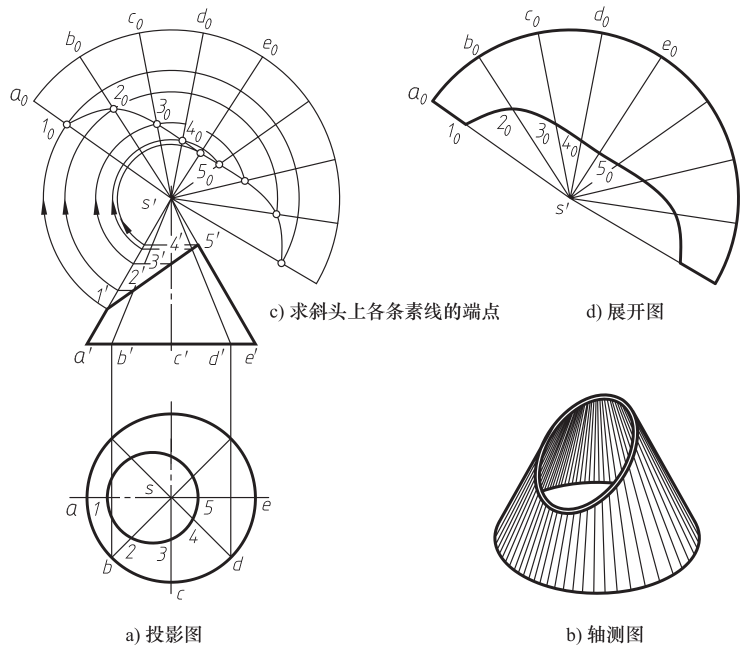


图 3-29　斜头圆锥管展开图画法

作图方法：

1）将正圆锥水平投影的圆周分成若干等份（例图中分成 8 等份），在正面投影上作出各等份素线的投影，按照正圆锥表面展开画法，先画出正圆锥的展开图，如图 3-29a 所示。

2）用旋转法或直角三角形法求得斜头圆锥管上各素线的实长，并在圆锥展开图中相应的素线上找得斜头上的各点，如图 3-29c 所示。

3）用曲线光滑地连接斜头素线上的各端点，即得到斜头圆锥管的展开图，如图 3-29d 所示。

3.3.3　方圆接头表面的展开

根据图 3-30a 分析，方圆接头的形状是上圆下方，它的表面是由四个全等的等腰三角形平面和四个相等的部分斜圆锥面组成。画展开图时，等腰三角形平面的底边为实长，但两腰边不反映实长，需要求出实长后才能画出。对于斜圆锥面可以将其分成若干个三角形平面，求得这些三角形平面各边的实长后而画出。最后按其排列顺序依次展开拼合成方圆接头的展开图。

画法步骤：

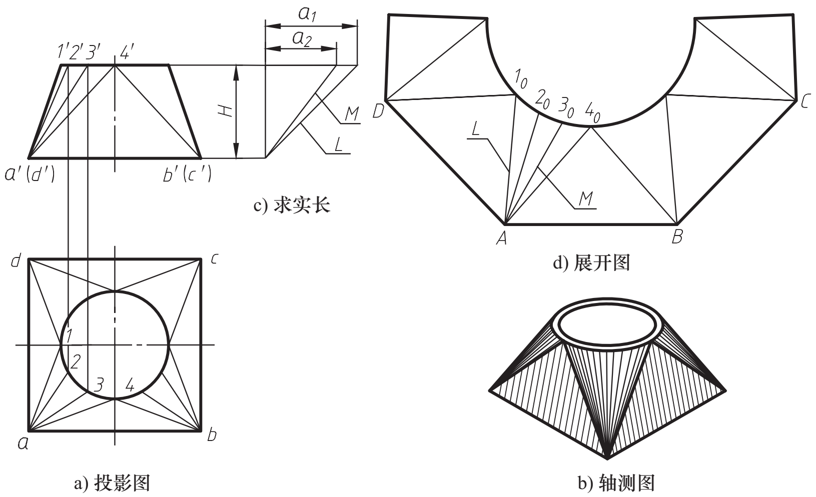


图 3-30　方圆接头展开图画法

1）用直角三角形法求得等腰三角形腰边 L 和斜圆锥面上素线 M 的实长，如图 3-30c 所示。

2）用求得的实长依次拼合画出等腰三角形和斜圆锥面上三角形（近似看成平面），如图 3-30d 中 $AB4_0$ 和 $A1_02_03_04_0$ 所示的三角形平面。

3）用曲线光滑地连接圆口上的各点，即得到方圆接头的展开图，如图 3-30d 所示。

3.4　常见立体的尺寸标注

立体的视图只能表达其形状结构，而要表达其大小，则必须在视图上标注尺寸。掌握立体的尺寸标注，是标注工程图样尺寸的基础。

1. 棱柱和棱锥的尺寸标注

棱柱和棱锥台一般标注长、宽、高三个方向的尺寸，如图 3-31a、b、c 所示。标注正方形尺寸时，可在正方形边长尺寸数字前加注“□”符号，如图 3-31d 所示。

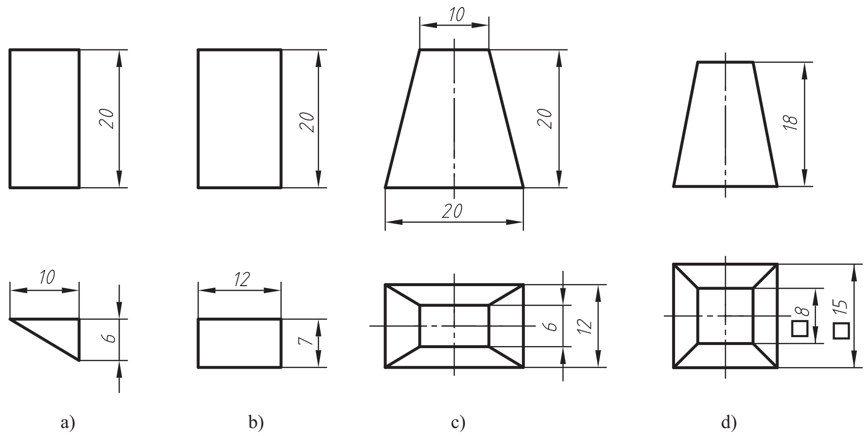


图 3-31　棱柱、棱锥台的尺寸标注

对于正棱柱和正棱锥，除标注高度尺寸外，一般应注出其底面的外接圆直径，如图 3-32a、b 所示。但也可按其他形式注出，如图 3-32c、d 所示。

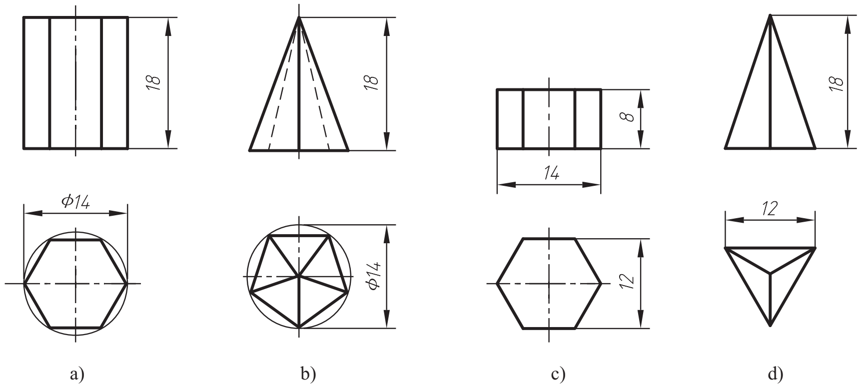


图 3-32　正棱柱、正棱锥的尺寸标注

2. 圆柱和圆锥的尺寸标注

圆柱和圆锥台应注出高度和底圆直径尺寸。圆锥台尺寸有两种标注方法，一是标注圆锥和锥台高度及底圆直径尺寸，二是标注圆锥台底圆和台面圆的直径及锥台高度尺寸，如图 3-33 所示。

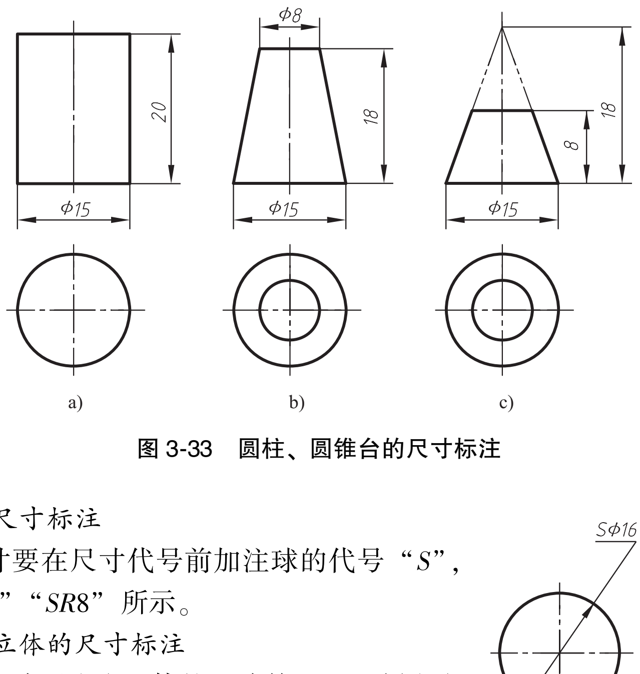


图 3-33　圆柱、圆锥台的尺寸标注

3. 球和半球的尺寸标注

球和半球的尺寸要在尺寸代号前加注球的代号“*S*”，如图 3-34 中“*S*ϕ16”“*SR*8”所示。

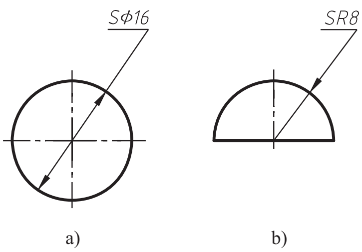
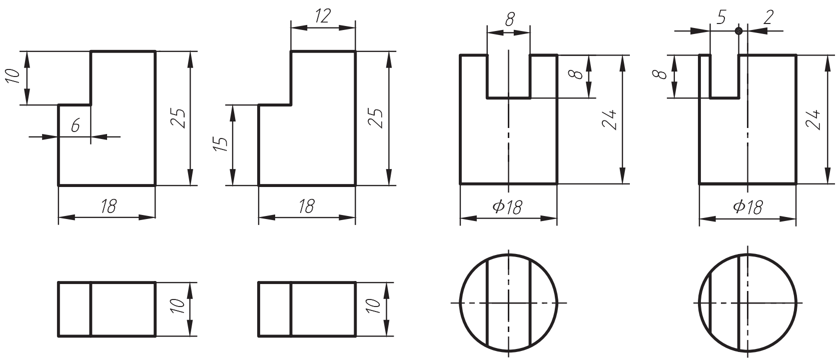


图 3-34　球和半球的尺寸标注

4. 切口或开槽立体的尺寸标注

带切口的立体，除了注出立体的尺寸外，还必须注出切口的定位和定形尺寸，如图 3-35a、b 所示的两种注法。

开槽立体，除了注出立体的尺寸外，还必须注出槽的定形尺寸和定位尺寸，如图 3-35c、d 所示。



a)　b)　c)　d)

图3-35　切口、开槽立体的尺寸标注

本 章 小 结

主要内容和重点：

本章主要介绍常见立体的投影及分析，立体表面上点与表面交线（截交线与相贯线）的投影特性及分析，立体表面展开，常见立体的尺寸标注规则与方法等内容。重点介绍立体表面上的点与截交线和相贯线的性质与作图方法，立体表面展开的投影分析及展开图的作图方法。

学习要求：

学习本章应理解和掌握以下知识要点。

1）掌握立体表面上点的投影分析和画法。

2）了解熟悉截交线和相贯线的性质与投影分析，掌握截交线和相贯线的投影画法。

3）了解熟悉立体表面展开的特点与分析方法，掌握展开图的画法。

4）掌握棱柱、棱锥、圆柱、圆锥等常见立体的尺寸标注规则与方法。

第 4 章

组　合　体

由若干个基本体组合构成的形体称为组合体。由此分析得知，大多数机器零件形体都可以看作组合体。因此，掌握组合体视图画法和读图方法是绘制和识读机械图样的基础，同时也进一步地培养和提高对形体的空间思维能力和空间想象力。

4.1　组合体的形体分析

4.1.1　组合体的组合方式

组合体有叠加式、切割式和综合式三种组合方式。

（1）叠加式组合体　由若干个基本体逐个叠加构成的组合体。

（2）切割式组合体　由基本体经过切割或挖孔挖槽构成的组合体。

（3）综合式组合体　既有叠加又有切割构成的组合体。

组合体最基本的组合方式是叠加式和切割式，但大多数是这两种方式的综合构成，即综合式组合体。组合体的组合方式如图 4-1 所示。

4.1.2　组合体的表面连接关系

从组合体的形体分析来看，构成组合体的各基本体的形状和相对位置不同，组合体上相邻表面之间连接关系也不同，由此可以分为平齐表面和不平齐表面、相切表面、相交表面的三种连接关系。

1. *表面平齐和不平齐*

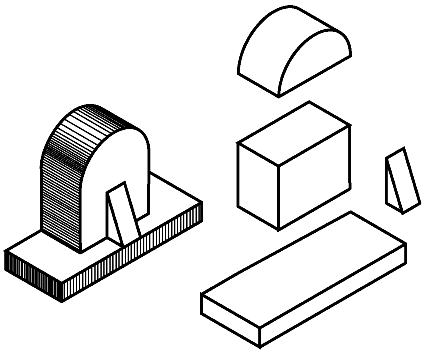
当相邻两基本体的表面互相平齐，形成共面，在两表面的连接处没有界线隔开。如果相邻两基本体的表面不平齐，在两表面的结合处要画出界线隔开，如图 4-2 所示。

2. *表面相切*

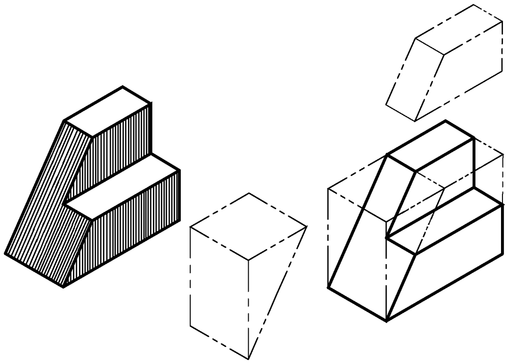
表面相切是指两个基本体的相邻表面光滑过渡的连接关系。因此，当两表面相切时，在两表面的连接处没有分界线，如图 4-3 所示。

3. *表面相交*

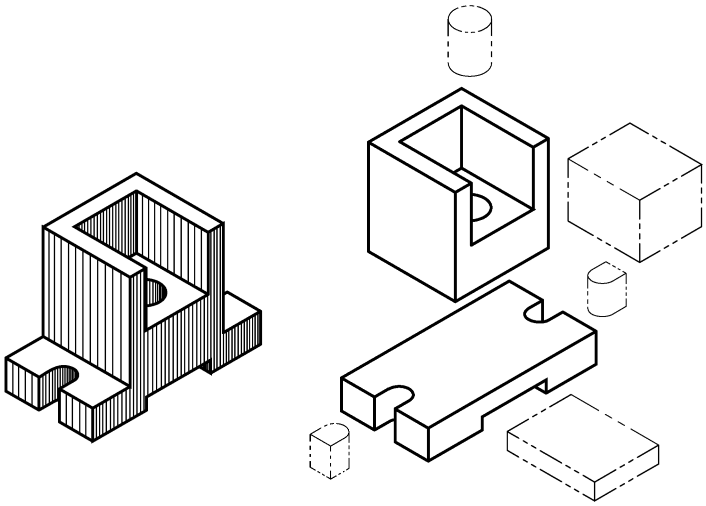
表面相交是指两个基本体的表面相交所产生交线的连接关系。因此，在表面相交处应画



a) 叠加式

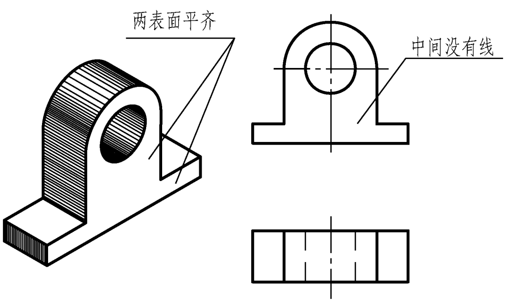


b) 切割式

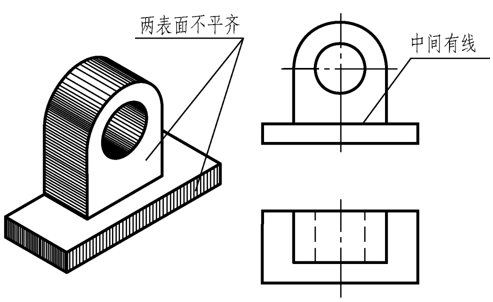


c) 综合式

图 4-1　组合体的组合方式



a) 表面平齐



b) 表面不平齐

图 4-2　两表面平齐和不平齐

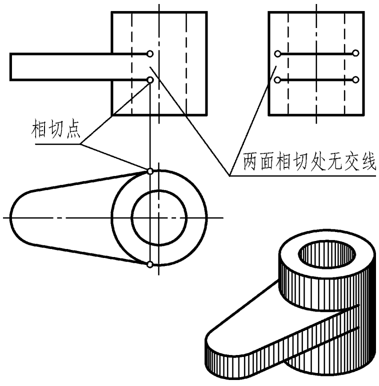


图 4-3　两表面相切

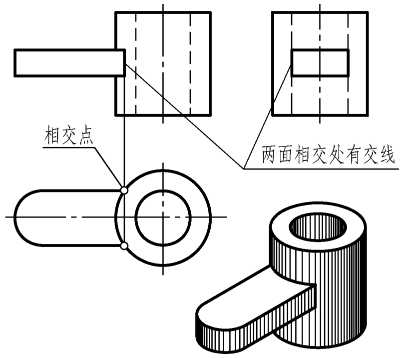
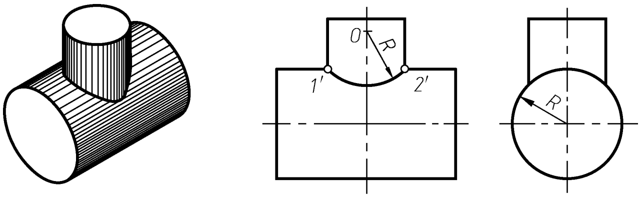


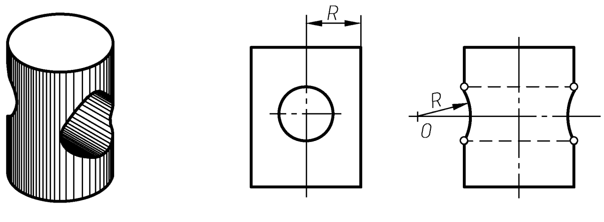
图 4-4　两表面相交

出交线，如图 4-4 所示。

正交两圆柱表面相交所产生的交线称为相贯线，其相贯线在组合体画法中可采用简化画法，如图 4-5 所示。



a)

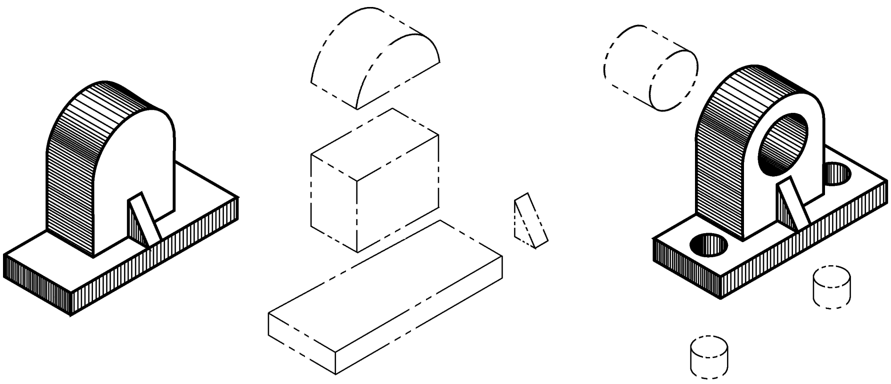


b)

图 4-5　正交两圆柱相贯线的简化画法

4.1.3　组合体的形体分析法

绝大多数的组合体，都可以看成是由几个基本体组合而成的，如图 4-6 所示的轴承座是一个组合体，可以看成是由长方形底板、长方体、半圆柱和肋叠加后（图 4-6a），再穿通两个小圆孔和一个大圆孔构成，如图 4-6b 所示。画组合体视图时，可先把想象中的组合体分解为以上几个基本体，然后分析各个基本体的形状，它们之间的相对位置、组合方式及相邻表面的连接关系，最后综合起来想象整体。我们把这种“先分解、后组合、再想象”的分析方法称为组合体的形体分析法。组合体的形体分析法是绘制和识读组合体视图的基本方法。



a) 先由四个基本体叠加　　b) 再挖去三个圆柱

图 4-6　组合体的形体分析法

4.2　组合体视图画法

4.2.1　运用形体分析法画图

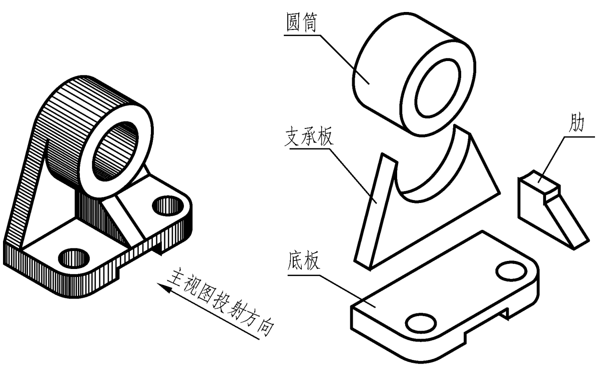
形体分析法是将复杂形体简单化的一种思维分析方法，因此画组合体视图时，首先要运用这种分析方法，将组合体分解为几个基本体，了解各个基本体的几何形状及大小，它们之间的相对位置及组合方式，两基本体相邻表面的连接关系，形成组合体的整体概念后，最后画出组合体的视图。因此，形体分析法是画组合体的基本方法。

4.2.2　组合体视图画法步骤

1. 叠加式组合体视图画法

以图 4-7 所示的轴承座为例说明叠加式组合体视图画法。

(1) 形体分析　该轴承座由底板、圆筒、支承板和肋四个部分组成。底板、支承板和肋为叠加组合形式，支承板的左右两侧与圆筒表面相切，支承板、肋与圆筒表面相交，其交线为圆弧和直线。支承板与底板后表面平齐，在底板前端切有两个圆角，上面垂直穿通两个圆孔，底板下面开有一个方槽。



a) 轴承座　　b) 分解后的轴承座

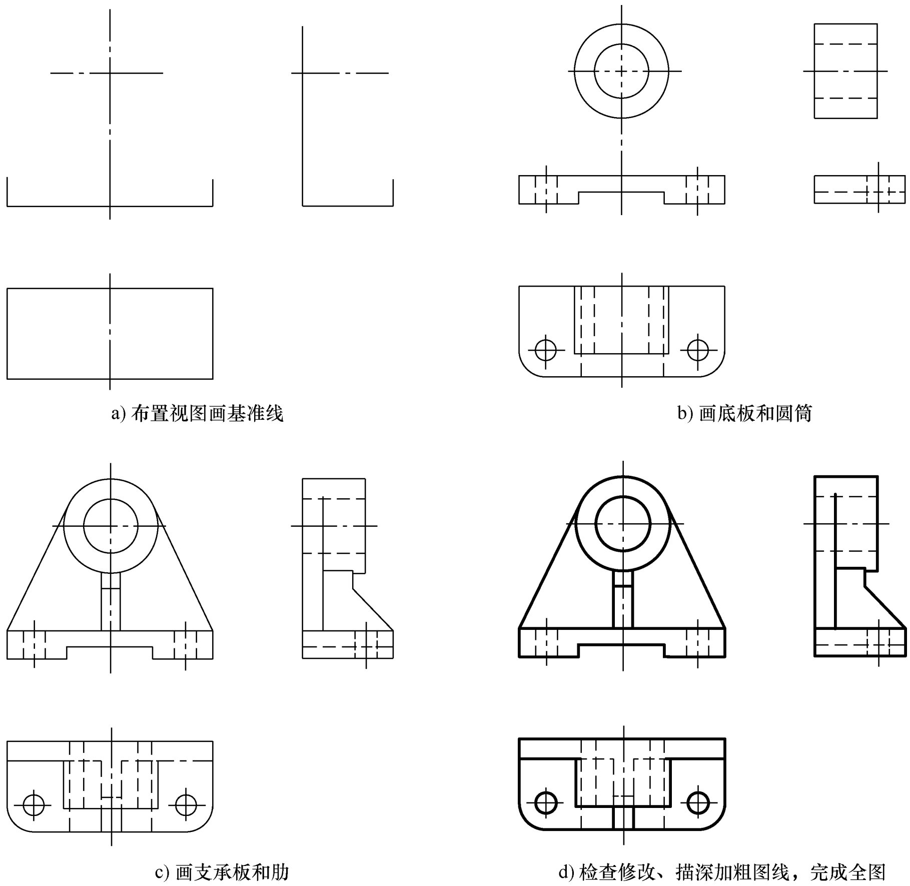
图 4-7　轴承座的形体分析

(2) 选择视图　主视图是表达组合体的一组视图中最重要的视图，一般要求选择能较多地反映组合体形状特征和各组成部分的相对位置关系的方向作为

主视图的投射方向。根据选择主视图的要求，选择了图 4-7 中箭头所指的方向作为主视图的投射方向。当主视图选择好后，还不能完整地表达轴承座的形状结构，必须还要选择俯、左两个视图共同表达。根据三视图的投影规律关系，俯视图和左视图的投射方向也就确定了。

（3）布置视图　各视图确定以后，根据组合体的大小和复杂程度，选定图形比例和图幅，确定每个视图的位置，画出各视图的基准线，如轴承座底板的底线、后端面线、中心线或对称线等。布置视图时应注意三个视图之间要留有足够的间隔，以便标注尺寸。

（4）画底图　三面视图画法步骤如图 4-8 所示。为了能够迅速、准确地画出组合体视图，画底图时应注意下面三个问题：



a) 布置视图画基准线　b) 画底板和圆筒

c) 画支承板和肋　d) 检查修改、描深加粗图线，完成全图

图 4-8　轴承座三视图的画法步骤

1）画图时应从反映形状特征的视图开始入手，先画主要部分，后画次要部分；先画可见轮廓线，后画不可见轮廓线；先画圆或圆弧，后画直线，依次进行。

2）组合体中各基本体的视图要逐个画，每个基本体的三个视图要同时画，这样既能保证各基本体之间的相对位置和投影关系，又能提高画图速度。

3）画底图时，图线要轻而淡，以便修改。

（5）检查修正描画图线　底图完成以后，要检查三视图中各组成部分是否符合投影关系，分析相切线和相交线画法是否正确，视图中是否多线或漏线，根据组合体实物或立体图相互对照审核，确定无误后，按照线型和规格描深或描粗图线。描画图线要按照先描圆弧，

后描直线；先描实线，后描虚线和点画线的方法依次进行。

2. 切割式组合体视图画法

以图4-9所示的垫块为例说明切割式组合体视图的画法。

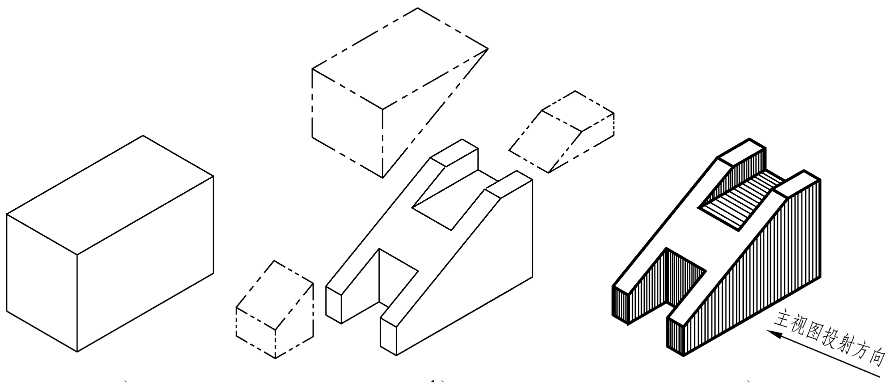
（1）形体分析　垫块的基本体是一个四棱柱，然后被一正垂面切去左上角，再在右上方挖穿一个长方槽，最后在左端又垂直挖穿一个长方槽而成。

（2）选择视图　根据垫块的外形特征，选择了图4-9c中箭头所指的方向作为主视图的投射方向，加上俯、左两个视图组成垫块的三面视图。

（3）布置视图　画出主、俯、左三个视图的基准线。

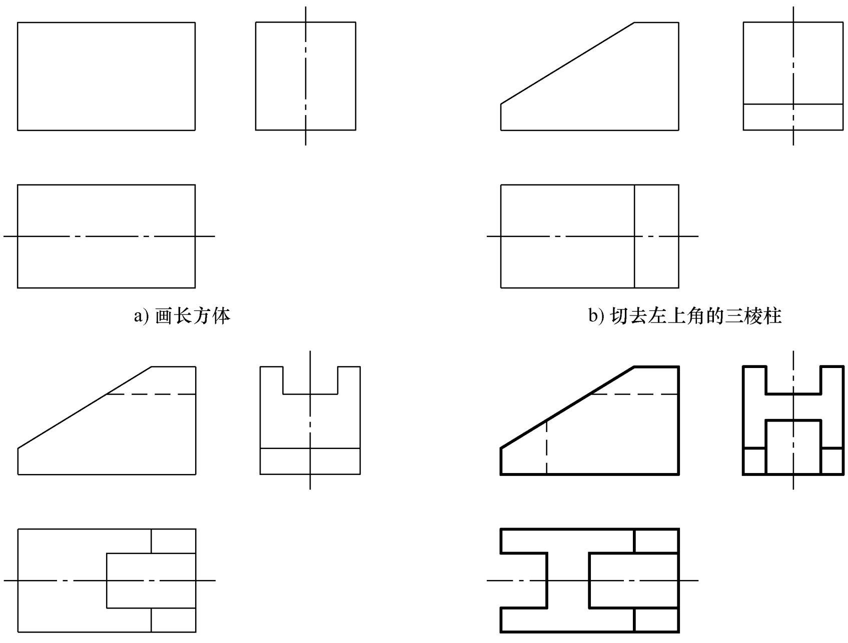
（4）画底图　垫块三视图画法如图4-10所示。

（5）检查修正描画图线　检查无误后开始描画图线。



a)　b)　c)

图4-9　垫块的形体分析



a) 画长方体　b) 切去左上角的三棱柱

c) 水平方向挖方槽　d) 左端垂直方向挖方槽

图4-10　垫块三视图画法

4.3 组合体的尺寸标注

组合体尺寸标注的基本要求是：正确、完整、清晰。正确是指尺寸标注要符合国家标准。完整是指标注的尺寸不能遗漏，也不能重复。清晰是指尺寸注写整齐、清楚。

4.3.1 组合体尺寸类型

为了能将尺寸标注完整、准确，在组合体视图上，一般需标注下列三类尺寸。

（1）定形尺寸　组合体中各基本体的形体大小尺寸。

（2）定位尺寸　各基本体之间的相对位置尺寸。

（3）总体尺寸　组合体的总长、总宽、总高尺寸。

4.3.2 组合体尺寸标注方法

下面以图 4-7 所示的轴承座为例说明组合体尺寸标注方法。

1. 形体分析

运用形体分析法，将轴承座分解成几个基本体，了解各基本体的几何形状及大小，它们之间的相对位置关系及组合方式，两基本体相邻表面的连接关系等。

2. 选定尺寸基准

（1）尺寸基准概念　尺寸基准是标注尺寸的依据，是用来确定标注尺寸的方向和起点的。标注尺寸时，必须在长、宽、高三个方向至少要分别选定一个基准，也就是长度方向尺寸基准、宽度方向尺寸基准和高度方向尺寸基准。

（2）基准的选择　一般选择组合体的底面、端面、对称平面和中心线（轴线）作为尺寸基准。如图 4-11 所示，由主视图投射方向观察，轴承座的左右结构是对称的，因此选择对称平面作为长度方向尺寸基准。轴承座高度方向不是对称结构，其底板的底面是安装面，因此选择底板的底面作为高度方向尺寸基准。底板和支承板后表面共面，形成较大的表面，因此选择后表面作为宽度方向尺寸基准。

当尺寸基准选定以后，各个方向的尺寸应以相应的基准为起点进行标注。

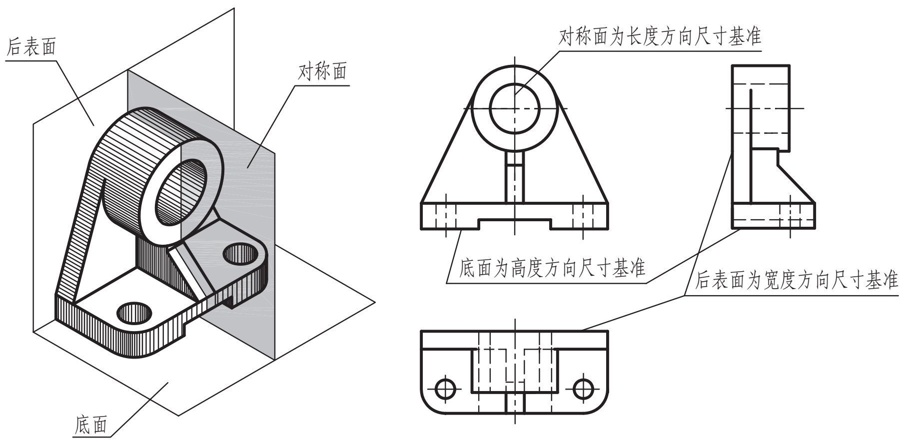


图 4-11　尺寸基准的选择

3. 标注尺寸

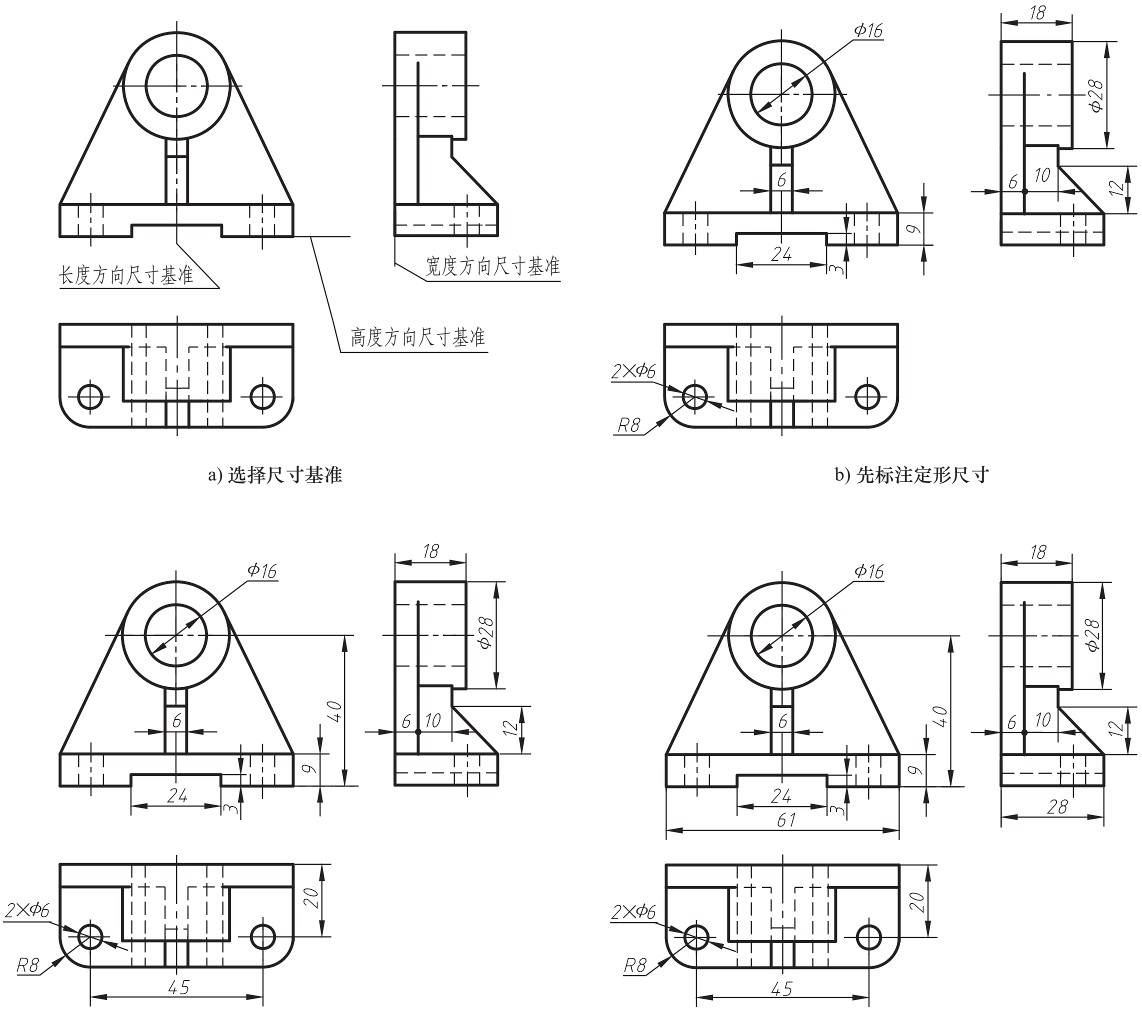
轴承座尺寸标注方法和步骤如图 4-12 所示。

（1）先标注定形尺寸　依次标注底板、圆筒、支承板和肋的定形尺寸。如底板高度尺寸 9mm，底板上圆孔直径 2×ϕ6mm、圆角 R8mm。圆筒 ϕ16mm、ϕ28mm，宽 18mm。支承板和肋的厚度尺寸 6mm 等。

（2）再标注定位尺寸　定位尺寸应标注在形体相对位置较明显的视图上，如圆筒中心距离底板底面的高度尺寸 40mm 标注在主视图上。底板上两圆孔的中心定位尺寸 45mm 和 20mm 标注在俯视图上。

（3）最后标注总体尺寸　如总长 61mm、总宽 28mm。由于总高尺寸可由圆筒直径 ϕ28mm 加上圆筒中心高度尺寸 40mm 计算出来，总高尺寸就不需要重复标注了。

按以上步骤标注好轴承座的全部尺寸后，还要逐个检查有无错误和遗漏，然后修正和调整。



a) 选择尺寸基准　　b) 先标注定形尺寸

c) 再标注定位尺寸　　d) 最后标注总体尺寸

图 4-12　轴承座尺寸标注方法和步骤

4.3.3 组合体尺寸标注的其他要求

为了使组合体标注的尺寸达到正确、完整、清晰的要求，还要注意下面的要求。

1）尺寸应注在形体特征最明显的视图上，并尽量避免在虚线上标注。如底板高度尺寸 9mm、长度尺寸 61mm，圆筒 ϕ16mm、ϕ28mm，圆筒中心高度尺寸 40mm 标注在主视图上比较明显。底板上圆孔直径 2×ϕ6mm，圆角 R8mm 则标注在俯视图上比较明显。

2）同一基本体的定形、定位尺寸应尽量集中在同一视图上标注，不能太分散。如底板上圆孔直径 2×ϕ6mm、圆角尺寸 R8mm、两圆孔中心距 45mm、20mm 都集中在俯视图上标注。

3）为使视图清晰，应尽量将尺寸标注在视图外面，平行排列的尺寸应将小尺寸注在里面，大尺寸注在外面，这样标注避免了尺寸线、尺寸界线与轮廓线相交。

4）两个视图相关联的尺寸，应尽量标注在两个视图之间的位置上，以便读图查找方便。

5）圆的直径尺寸一般要求标注在非圆视图上，半径尺寸必须标注在圆弧上。

4.4 读组合体视图

画图，是将组合体按照投影方法画成视图来表达其形状；读图，是依据画好的视图按照投影规律想象出组合体的形状。两者比较，显然读图的难度要大些。为了能够正确地识读组合体视图，必须要掌握读图的基本要领与方法，并通过反复实践，逐步培养形象思维能力和空间分析能力，提高读图能力。

4.4.1 读图的基本要领

1. 几个视图联系起来读图

表达组合体的形状，用一个视图是不能够表达清楚的，往往要通过几个视图才能表达完整，因此读组合体视图时必须要把几个视图联系起来识读。

如图 4-13 所示，这是四个不同的组合体，它们的主视图及俯视图都相同，如果不看左

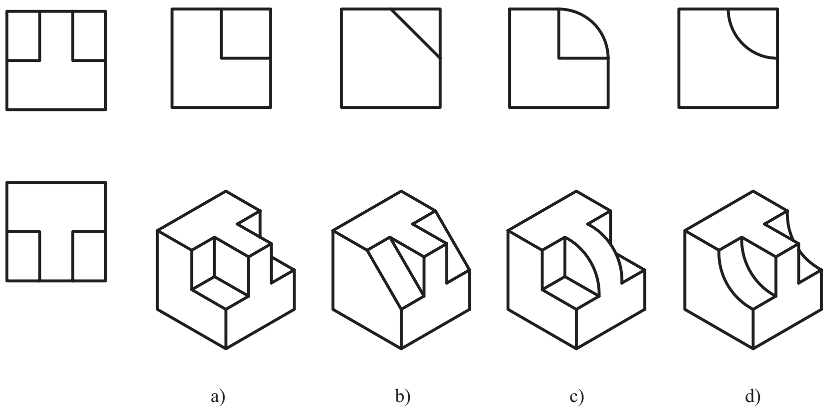


图 4-13 几个视图联系读才能确定组合体形状

视图，无法辨认出它们是不同的形体，必须要联系左视图才能读懂是四个不同的组合体。由此可见，读图时必须将所给的几个视图联系起来共同分析，才能正确想象出该组合体的形状。

2. 明确视图中线段和线框的含义

每一个视图是由一个个封闭的线框组成的，而线框又是由线段构成的。因此，弄清线段和线框的含义，对于读组合体视图是十分必要的。

（1）线段的含义　如图4-14所示，视图中的线段有三种含义，一是表面具有积聚成线段的投影；二是两表面相交的交线投影；三是曲面转向轮廓线的投影。

（2）一个线框的含义　视图中的一个线框是表达形体的一个表面，可能是平面或曲面。

（3）相邻两个线框的含义　是表达形体上不同位置的两个面，它们之间有上下、前后、左右的位置关系，或者是两表面相交关系。

（4）大线框包含小线框的含义　是表达小形体在大形体上的凸起、凹坑或穿孔。

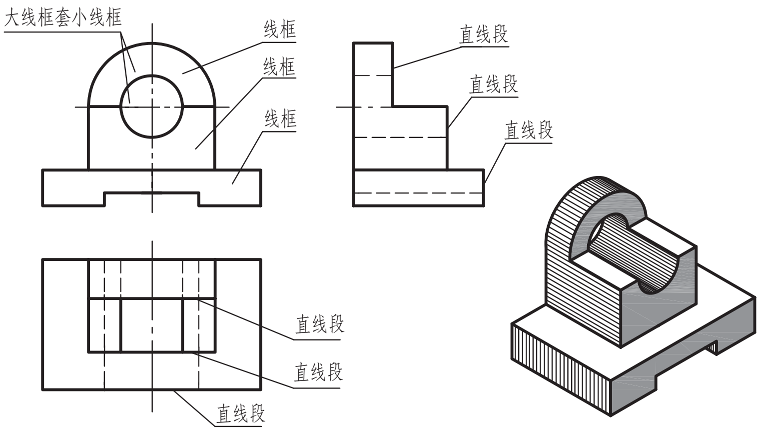


图4-14　视图中线段和线框的含义

4.4.2　读图方法与步骤

1. 用形体分析法读图

形体分析法是读图的基本方法。运用形体分析法读图，关键在于掌握将复杂的组合体视图分解成几个简单的几何图形，把一个简单的几何图形看作是基本体的一个投影，并找出另外两个视图中与其对应部分的投影，将其三个投影联系起来想象该基本体形状。

如图4-15a所示的组合体，在主、俯、左三个视图中，把反映形状特征较明显的主视图分成Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ四个线框，然后根据投影规律关系，找出这四个线框在俯视图和左视图中与其对应的投影，从而分析这四个线框所表达形体的形状和它们之间的相对位置（图4-15b、c、d），最后综合起来想象组合体的整体形状，如图4-15e所示。

2. 抓住特征视图读图

所谓特征视图，是指组合体视图中具有的形状特征和组成的各基本体之间相对位置较有明显特征的视图。

（1）形状特征视图　如图4-16所示小汽车的三视图，假如只看俯、左两个视图，很难分辨出来是小汽车；假如将主、俯视图配合起来读图，即使没有左视图，也能想象出小汽车

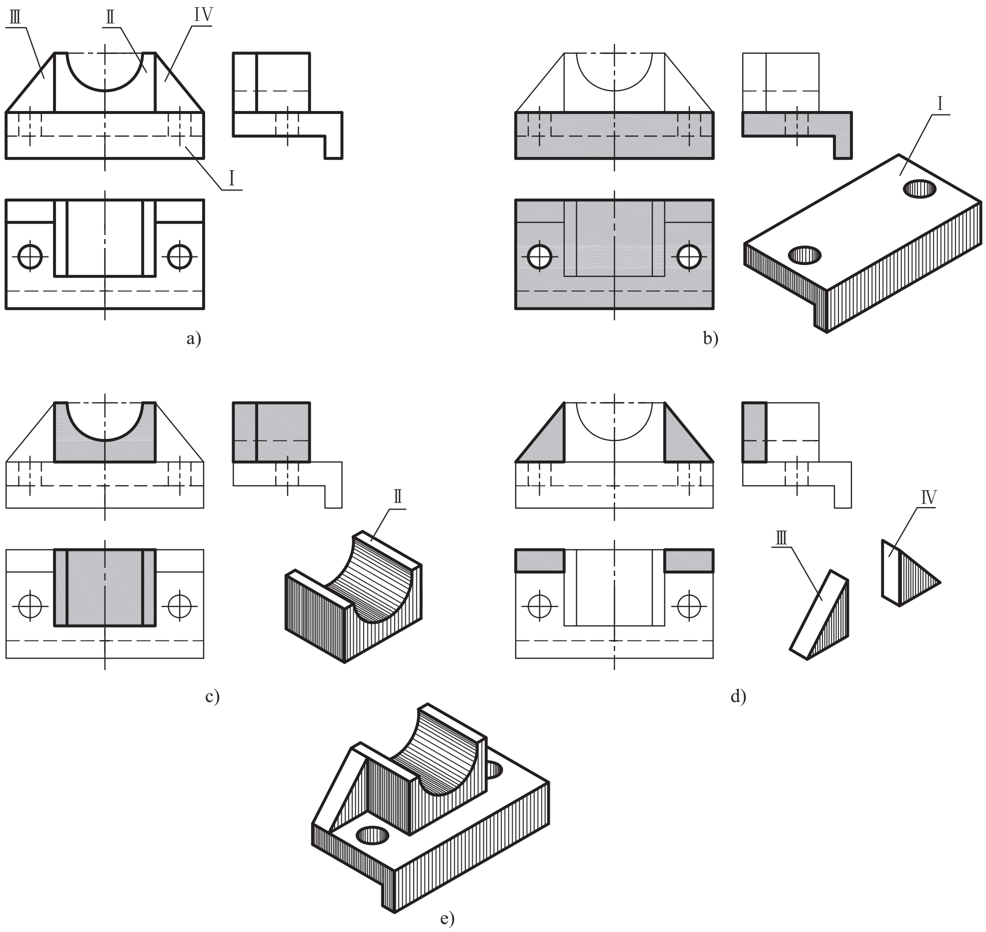


图 4-15　运用形体分析法读图

的全貌。或者将主、左视图配合起来读图，即使没有俯视图，同样也能想象出小汽车的全貌。由此看来，三个视图中如果没有主视图，就很难表达小汽车的全貌，这就说明主视图是小汽车形状特征最明显的视图，也就是所谓的形状特征视图。

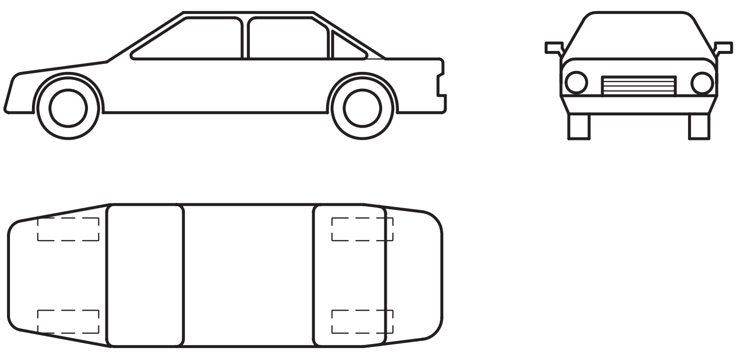
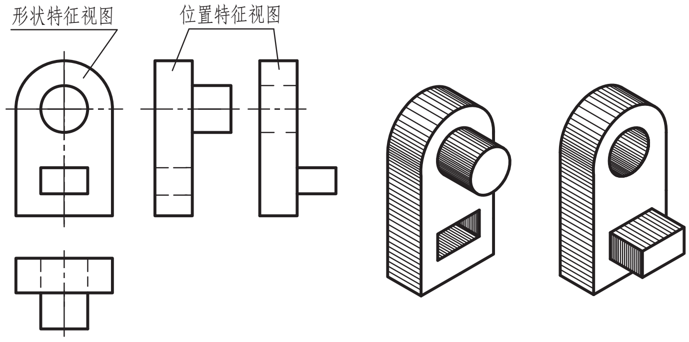


图 4-16　形状特征视图

（2）位置特征视图　如图 4-17 所示的组合体，在主视图中，外围线框里包含两个小线框，一个是圆，一个是矩形，如果只读主、俯两个视图，两个小线框所表达的基本体的凹凸则无法确定。但如果将主、左视图联系起来读图，就能明显辨别圆的线框是凸出的圆柱还是圆孔，而矩形线框是四棱柱还是长方孔。显然，左视图是反映该组合体各组成部分之间相对位置特征最明显的视图，即位置特征视图。



a)　b)　c)

图 4-17　位置特征视图

这里应注意一点，组合体上每一组成部分的特征，并非总是全集中在一个视图上。因此在看图时，无论哪个视图，只要是形状特征、位置特征有明显之处，就应从该视图入手，配合其他两个视图分析判断。

3. 用线面分析法读图

用线面分析法读图，就是将视图中的一个线框看作是组合体上的一个面（平面或曲面）的投影，利用投影关系，在其他视图上找出该面的对应投影，再分析这个面的投影特性，想象出该面的空间位置和形状，最后综合分析组合体的各个面，进而想象出组合体的完整形状的方法。在读切割式组合体的视图时，经常采用线面分析法。

图 4-18a 所示为压块组合体，读图方法和步骤如下。

1）如图 4-18b 所示，由俯视图中的线框 p，对应主视图上的斜线 p'，可判断 P 面是垂直于正面的梯形平面，从而想象出是在压块的左上方垂直于正面切去一角。平面 P 对水平面和侧面都倾斜，不反映实形，通过水平投影 p 和侧面投影 p''可以看到梯形的类似形状。

2）如图 4-18c 所示，由主视图中的线框 q'，对应俯视图上的斜线 q，可判断 Q 面是垂直于水平面的不规则多边形平面，从而想象出是在压块的左前方垂直于水平面切去一角。平面 Q 对正面和侧面都倾斜，不反映实形，通过正投影 q'和侧面投影 q''可以看到多边形的类似形状。

3）如图 4-18d 所示，由主视图中的长方形线框 e'，对应俯视图上的水平线 e，可判断 E 面是平行于正面的矩形平面。再通过左视图上对应的直线 e''判断，该平面是往里凹进的，从而想象出该平面是被挖去一个长四棱柱后形成的。因为左视图对称，在压块的后面也被同样方法挖去一个长四棱柱。

4）通过对压块的线面分析（中间阶梯孔不作分析），可以对其整体和局部结构形状有了完整的概念，从而想象出压块的完整形状。

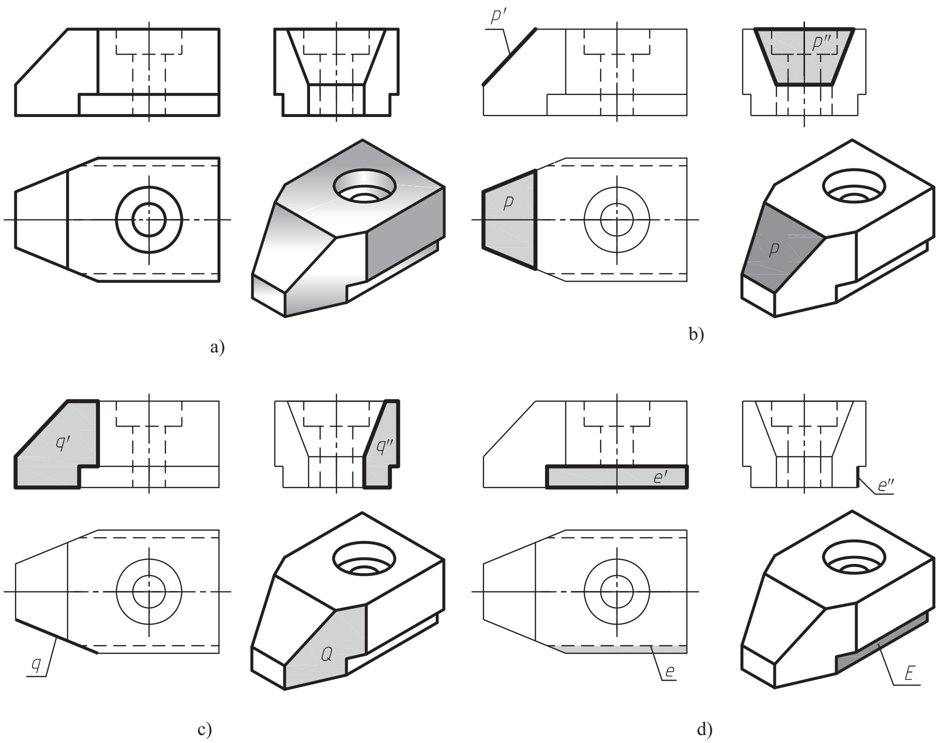


图 4-18 运用线面分析法读图

4.4.3 读图练习方法

1. 已知两视图补画第三视图

由已知两视图补画第三视图，是训练读图能力、培养形象思维力和空间想象力的重要手段，补画第三视图是读图和画图的综合练习。补画第三视图一般分两步进行：

第一步，根据已给的视图按前述的读图方法读懂视图，想象出组合体的形状结构。

第二步，在想象出组合体形状结构的基础上，运用三视图的投影规律，按各组成部分逐一画出第三视图。

已知两视图补画第三视图如图 4-19 所示。

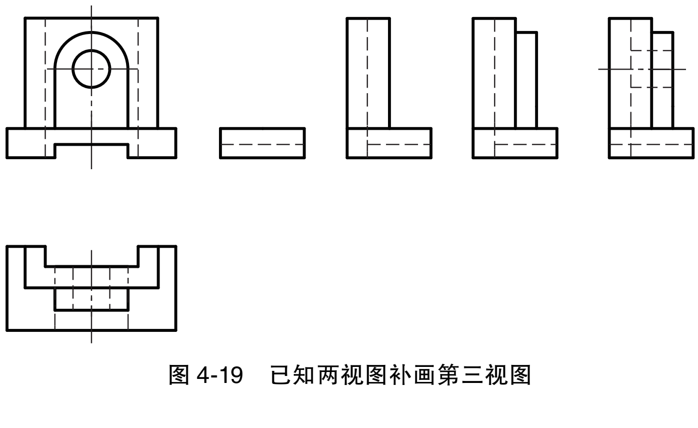


图 4-19 已知两视图补画第三视图

2. 补画视图中的漏线

补画视图中的漏线是在已知的三视图中将缺漏的线段补画出来。首先，运用形体分析法或线面分析法弄清三视图所表达的组合体形状，细心检查已知视图中哪些部分有漏画的线段（每根线段在各个视图中都有对应的投影），最后根据投影规律补画出漏画的线段。

补画视图中的漏线如图 4-20 所示。从已知三个视图的轮廓特征分析，该组合体是一个长方体被几个不同位置的平面截割形成，可按切割式的组合方式，边切割边补线逐个补画出三视图中每条漏线。注意，在补画漏线过程中，每条漏线在各个视图中的投影一定要符合投影规律。

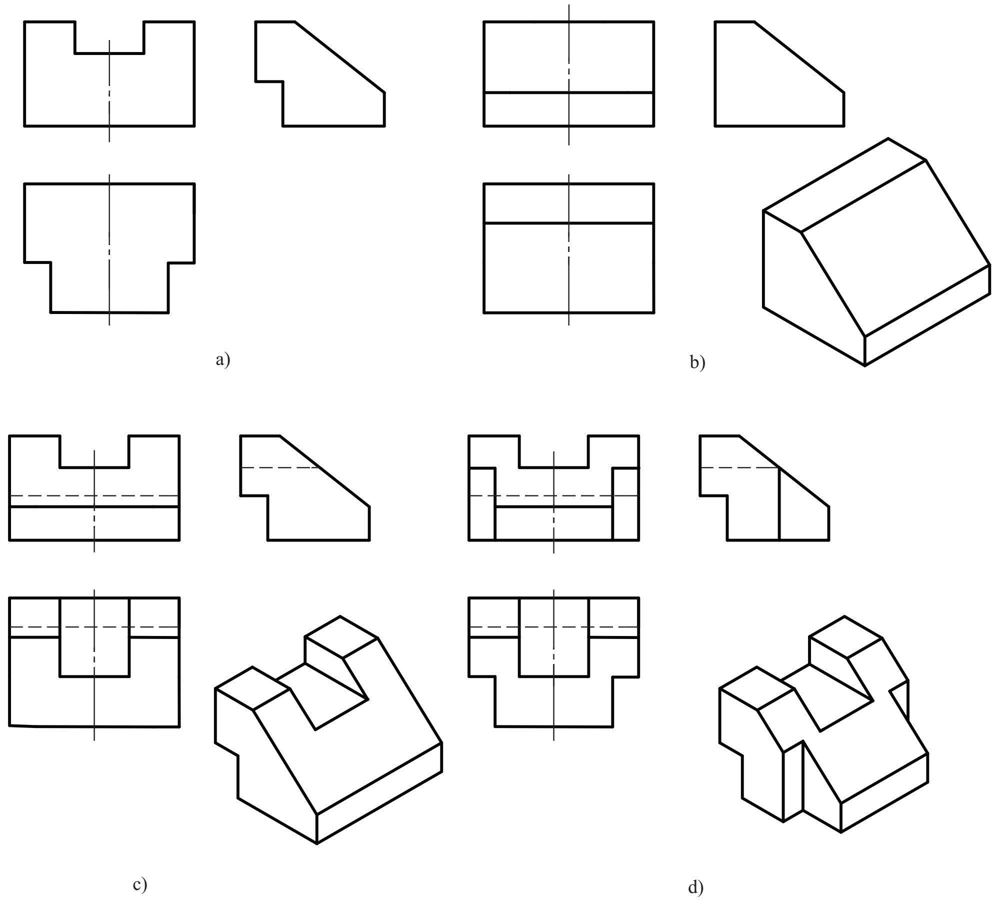


图 4-20　补画视图中的漏线

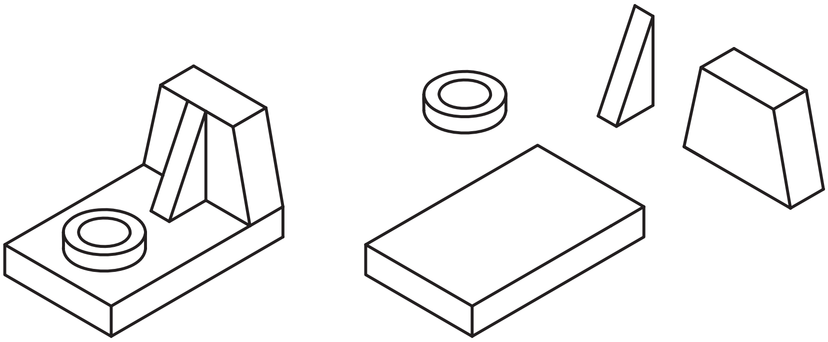
4.5　组合体构型设计

组合体构型设计是指根据一定的条件，对组合体的结构形状进行有创见性的构造，一般采用视图、剖视图和轴测图的表达方式。组合体构型设计是零件和其他零部件的构型基础，通过构型设计可以培养对图形的表达能力及空间思维和空间想象力。

4.5.1　组合体构型原则

1. 以几何体构型为主

组合体构型通常是以几何体为基本形体。如图 4-21 所示的组合体就是以长方板、三角板、圆柱与棱柱孔组成的。

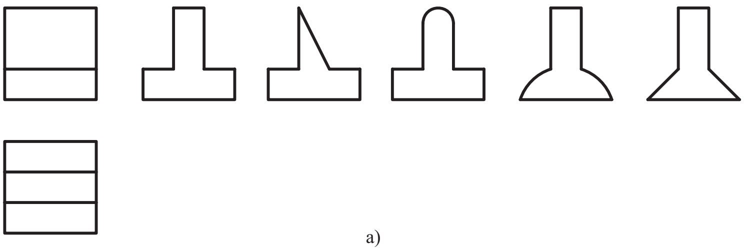


a)　　　　b)

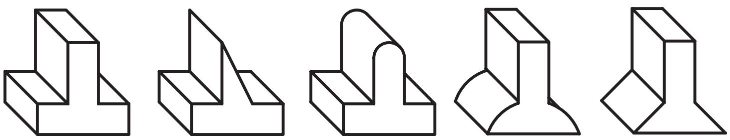
图 4-21　组合体构型以几何体为主

2. 构型要多样化

在给定条件的情况下，组合体构型要多样化。如图 4-22a 所示为给定的构型条件，根据主、俯两个视图构型出一系列的组合体，如图 4-22b 所示。



a)



b)

图 4-22　组合体构型要多样化

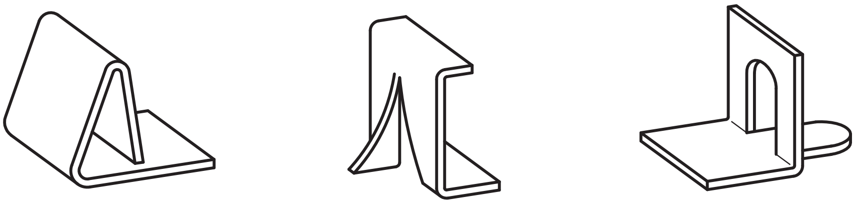
4.5.2　组合体构型设计方法

1. 折叠式构型

折叠式构型通常是薄板为基本形体，通过折叠和切割构成新的形体，如图 4-23 所示。

2. 叠加式构型

叠加式构型是将几个几何体按照一定位置进行组合形成一个新的组合体。在叠加过程



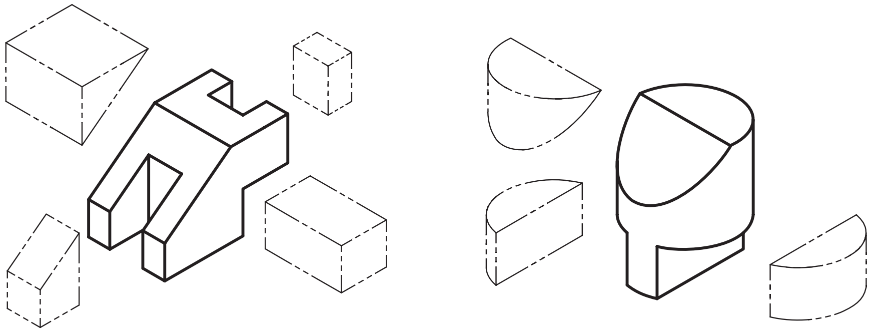
a) b) c)

图 4-23 折叠式构型

中，两形体表面发生连接关系，要正确画出相切线或相交线，如图 4-21 所示。

3. 切割式构型

切割式构型是通过对一几何体进行切割挖削而形成一个新的组合体。在切割过程中要注意：切割比例要均匀，切割部分的数量不能太多，如图 4-24 所示。

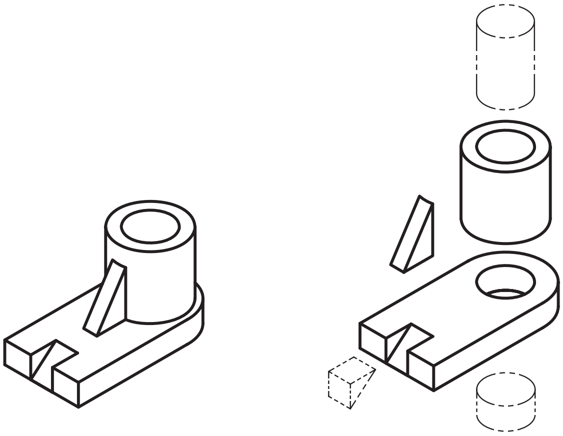


a) b)

图 4-24 切割式构型

4. 综合式构型

大多数组合体的构型法不是单一的，而是经过叠加和切割综合形成的。因此，采用这种方法构型时，要注意叠加式和切割式两种构型法所提到的问题，如图 4-25 所示。



a) b)

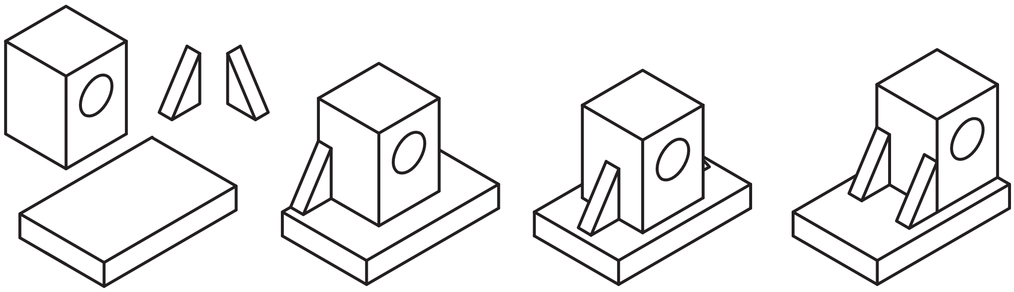
图 4-25 综合式构型

4.5.3 组合体构型练习方法

1. 根据给定的几何体构型

【例 4-1】 给定长方形薄板、穿圆孔的四棱柱、两块三角板，进行组合体构型设计。

根据已知条件分析，该题适合于叠加式构型法设计，如图 4-26 所示。

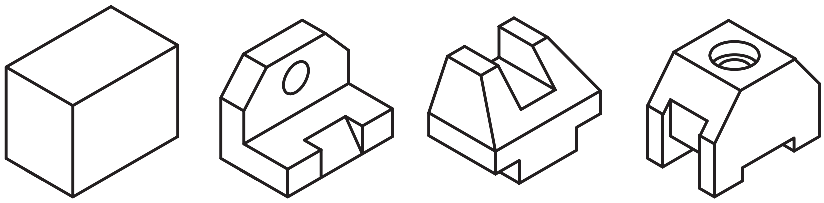


a) b) c) d)

图 4-26 采用叠加式构型设计

【例 4-2】 给定一长方体，进行组合体构型设计。

根据已知条件分析，该题适合于切割式构型法设计，如图 4-27 所示。



a) b) c) d)

图 4-27 采用切割式构型设计

2. 根据给定的一个视图构型

仅根据物体的一个视图，不能唯一地确定物体的形状结构，因此能构型出几个不同的组合体。

【例 4-3】 如图 4-28 所示，已知主视图，构型出若干个组合体，并补画俯视图和左视图。

3. 根据给定的两个视图构型

根据给定的两个视图进行组合体构型，当给定的条件不同时，有可能只能构型出唯一的组合体，也有可能构型出几个组合体。

【例 4-4】 如图 4-29 所示，已知主视图、左视图，构型出若干个组合体，并补画俯视图。

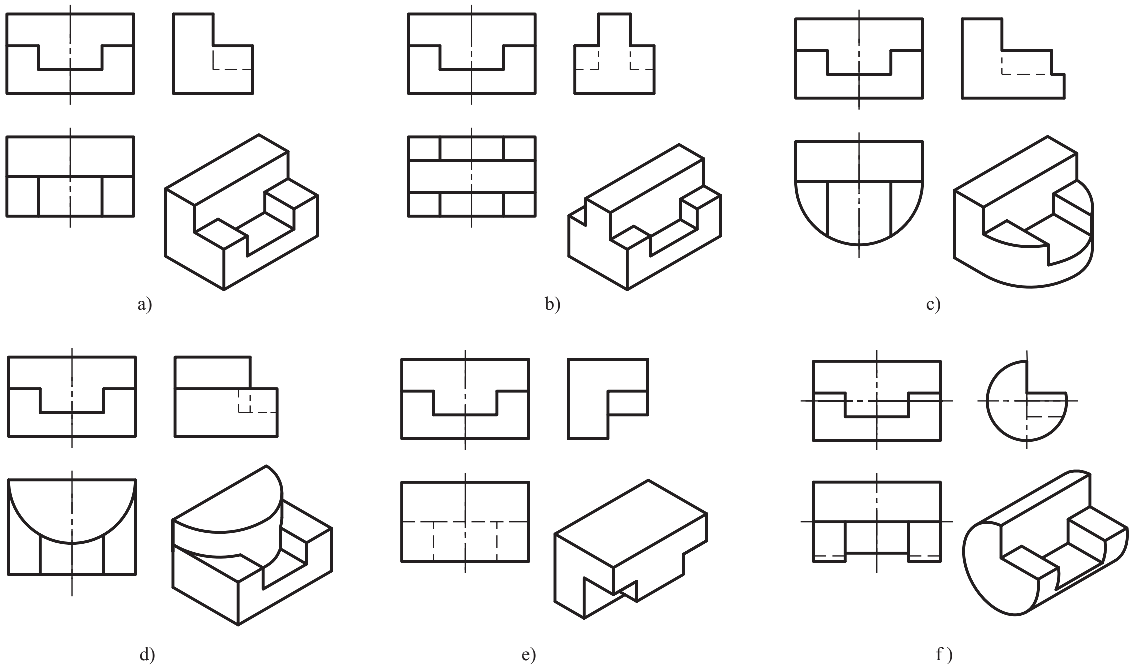


图 4-28　已知一个视图构型设计

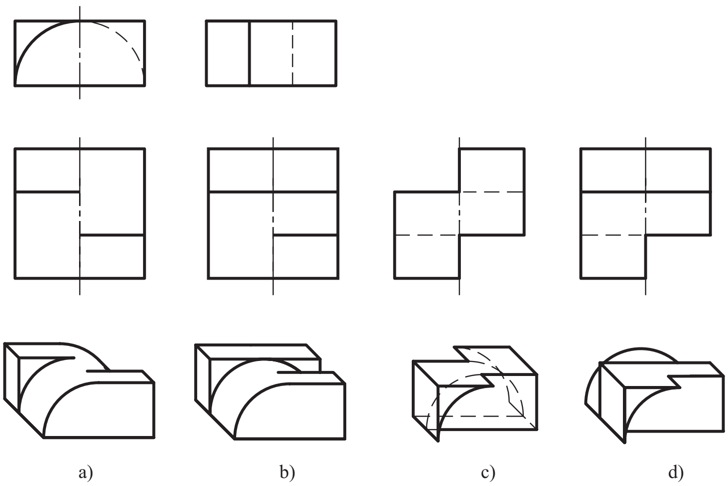


图 4-29　已知两个视图构型设计

本 章 小 结

主要内容和重点：

本章是在正投影的基础上，主要学习组合体的组合方式、组合体视图画法及尺寸标注方法、读组合体视图的方法以及组合体的构型设计，重点学习用形体分析法绘制组合体视图及识读组合体视图的方法。

学习要求：

组合体是将机器零件典型化和几何化了的形体，因此大多数机器零件的形体都可以看作组合体。学习组合体视图画法与尺寸标注方法，为后继机器零件图样的学习、零件视图的画法与尺寸标注打下基础。学习本章要了解和掌握以下方面知识要点。

1）了解组合体的三种组合形式，弄清组合体的表面连接关系，正确画出组合体的切线和交线。

2）会应用形体分析法绘制和识读组合体视图。

3）能正确选择尺寸基准，标注组合体尺寸。

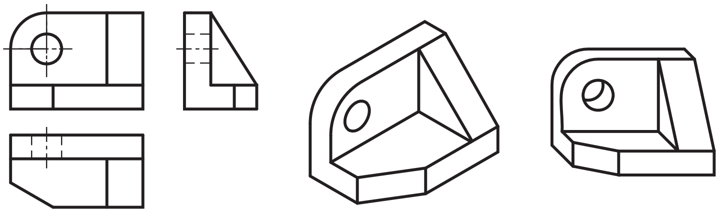
4）了解组合体构型原则和方法，能根据给定条件构思设计出各种组合形体。

第 5 章

轴　测　图

用正投影法绘制的三视图虽能够准确、完整地表达物体的形状，但是缺乏立体感，给阅读视图带来一定的困难。轴测图是一种富有立体感的图样，容易读懂，如图 5-1 所示。在电力、化工、石油和建筑工程上常采用轴测图表达输送石油、气体、煤粉管道、给排水和采暖管道的安装布置、房屋建筑等工程用图。

学习轴测图同时也能帮助分析和构思形体，培养和提高形象思维能力和空间想象力。



a) 正投影图　　b) 轴测图

图 5-1　正投影与轴测图

5.1　轴测图的基本知识

5.1.1　轴测图的形成与分类

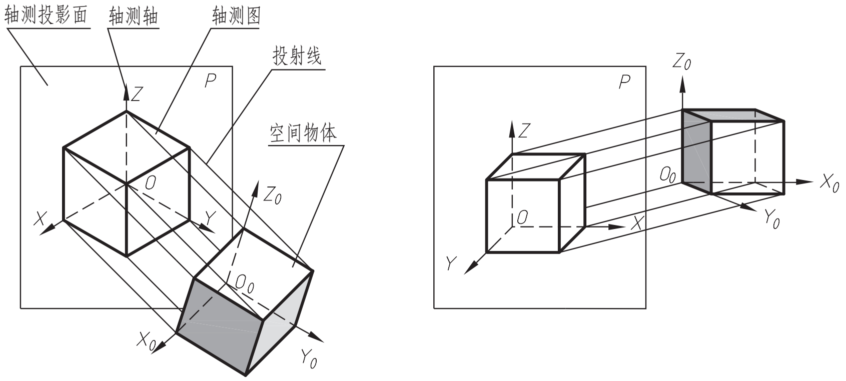
1. 轴测图的形成

将物体连同确定其空间位置的直角坐标系，沿不平行于任一坐标面的方向，用平行投影法向单一投影面投射所得到的图形称为轴测投影图，简称轴测图，单一投影面 P 称为轴测投影面，如图 5-2 所示。由于轴测图能同时反映出物体长、宽、高三个方向的形状，所以具有立体感。

2. 轴测图的分类

（1）正轴测图　用正投影法将物体向轴测投影面投射所得的轴测图称为正轴测图，此时空间物体的三个坐标面都倾斜于轴测投影面，如图 5-2a 所示。

（2）斜轴测图　用斜投影法将物体向轴测投影面投射所得的轴测图称为斜轴测图，为作图方便，通常把空间物体的某一坐标面平行于轴测投影面放置，如图 5-2b 所示。



a) 正轴测投影法(投射线与投影面垂直)　　b) 斜轴测投影法(投射线与投影面倾斜)

图 5-2　轴测图的形成与分类

5.1.2　轴测轴、轴间角和轴向伸缩系数

1. 轴测轴

空间物体上的直角坐标在轴测投影面上的投影称为轴测轴，即 X、Y、Z 轴测轴，三条轴测轴的交点 O 称为原点。

2. 轴间角

相邻两条轴测轴之间的夹角称为轴间角，不同类型的轴测图其轴间角也不同。

3. 轴向伸缩系数

由于空间物体上有的坐标面与轴测投影面倾斜，故其坐标轴的投影长度会缩短，我们把轴测轴的长度与空间坐标轴的长度之比称为轴向伸缩系数。OX、OY、OZ 的轴向伸缩系数分别用 p、q、r 表示。

轴间角和轴向伸缩系数是画轴测图的两个主要参数，根据投影方法和空间坐标相对轴测投影的位置不同，轴向伸缩系数有下面不同的类型：

正轴测图 $\begin{cases} \text{正等轴测图}\ (p=q=r) \\ \text{正二轴测图}\ (p=r\neq q) \\ \text{正三轴测图}\ (p\neq q\neq r) \end{cases}$

斜轴测图 $\begin{cases} \text{斜等轴测图}\ (p=q=r) \\ \text{斜二轴测图}\ (p=r\neq q) \\ \text{斜三轴测图}\ (p\neq q\neq r) \end{cases}$

由于正等轴测图和斜二轴测图较其他轴测图作图简便、立体感强，工程上常采用这两种轴测图画法。

5.1.3　轴测图投影特性

轴测图是应用平行投影法画出的，所以具有平行投影法的特性，主要有以下两种：

1）空间物体上互相平行的线段，在轴测图中也保持互相平行。

2）空间物体上平行于坐标轴的线段，在轴测图中仍平行于相应的轴测轴。

画轴测图时，空间物体上凡与轴测轴平行的线段，都可以沿轴测轴方向度量画图。所谓

“轴测图”，就是沿“轴向测量”画图的意思。

5.2　正等轴测图画法

当空间物体的直角坐标轴与轴测投影面的倾斜角度都相等时，用正投影法将物体连同其坐标轴一起投射到轴测投影面上，所得到的轴测图称为正等轴测图，简称正等测。

5.2.1　正等轴测图的轴间角和轴向伸缩系数

1. 轴间角

正等轴测图中的轴间角都相等，均为 120°，其 OZ 轴为垂直方向，OX 与 OY 轴分别与水平线成 30° 角度，如图 5-3a 所示。

2. 轴向伸缩系数

正等轴测图三个轴的轴向伸缩系数都相同，即 $p=q=r=0.82$。为了度量画图方便，国家标准规定采用简化伸缩系数，即 $p=q=r=1$，如图 5-3b 所示。画轴测图时，凡平行于轴测轴的线段，都可直接度量物体的实际尺寸画图。

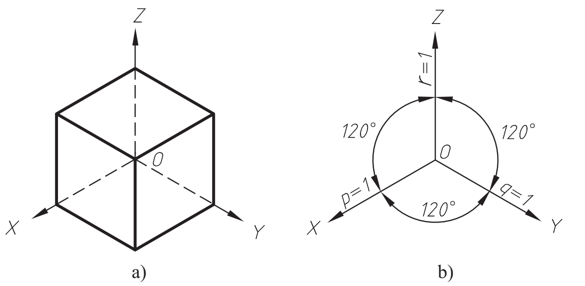


图 5-3　正等轴测图的轴测轴、轴间角和轴向伸缩系数

5.2.2　简单立体的正等轴测图画法

1. 平面体的正等轴测图画法

正等轴测图的画法有坐标法、切割法和叠加法三种。下面以一些常见的简单立体来介绍正等轴测图画法。

【例 5-1】　根据正六棱柱的两视图，画正等轴测图。

如图 5-4 所示，正六棱柱的正等轴测图画法采用的是坐标法。正六棱柱的顶面和底面都是相同的正六边形，如图 5-4a 所示，画轴测图时，先画出正六棱柱顶面和底面正六边形的正等轴测图，最后将顶面六边形和底面六边形对应的顶点连接成棱线，即为正六棱柱的正等

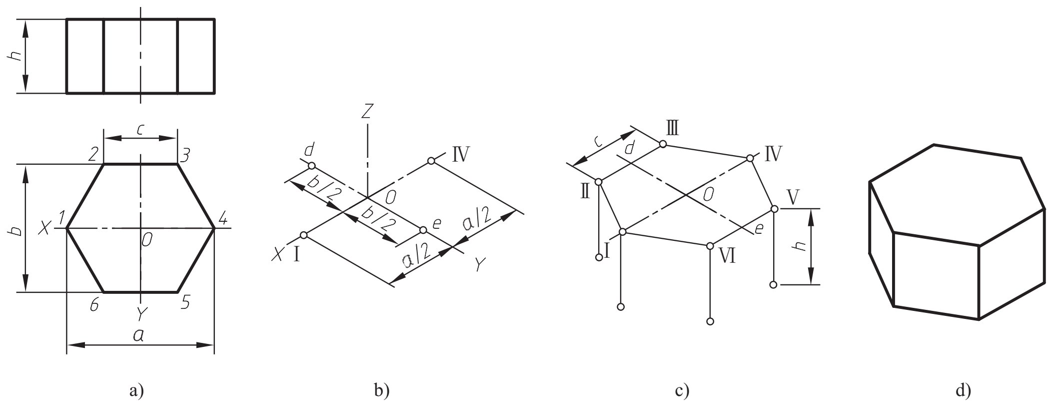


图 5-4　正六棱柱正等轴测图画法

轴测图。

画图步骤如下：

1）定出坐标原点，通过原点画 OX 和 OY 轴测轴。

2）在 OX 轴上直接找出Ⅰ、Ⅳ两点，在 OY 轴上过 O 点分别量取 $b/2$ 点，作 X 轴的平行线，如图 5-4b 所示。

3）根据边长 c 分别定出Ⅱ、Ⅲ、Ⅴ、Ⅵ各点，连接Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ 即为顶面六边形的正等轴测图，再按顶点垂直画六棱柱高度 h 的棱线（或者沿六棱柱轴线度量底面坐标原点再画六边形轴测图），如图 5-4c 所示。

4）连接棱线底端各点（或连接顶面和底面六边形对应的顶点），即完成正六棱柱的正等轴测图，如图 5-4d 所示。

因为轴测图上不可见轮廓线一般不必画出，所以先画出顶面六边形的轴测图，再画六条棱线的作图方法较为简便。

【例 5-2】 根据简单体的三视图（图 5-5a），画正等轴测图。

通过分析，该简单体为切割式组合类型，故可采用切割法画轴测图。

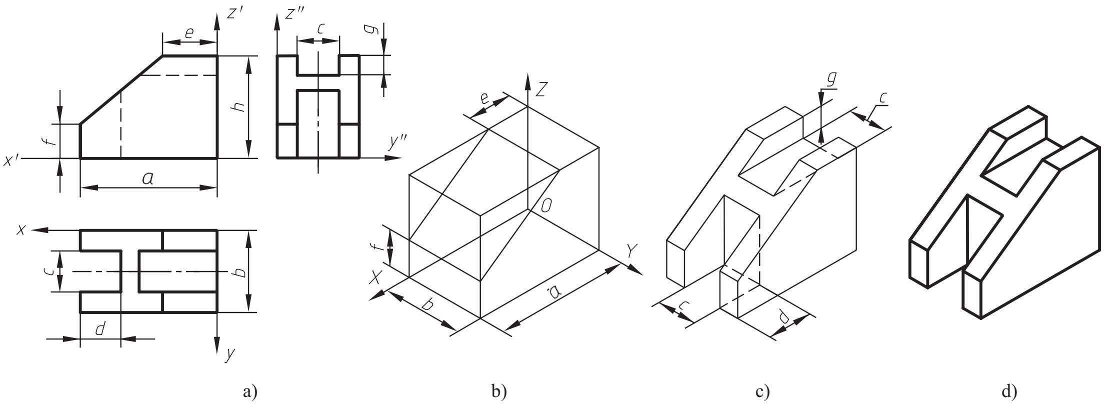


图 5-5　简单体正等轴测图画法

画图步骤如下：

1）按照简单体的长、宽、高尺寸（外形最大尺寸）首先完成长方体的正等轴测图，如图 5-5b 所示。

2）再按照被切去形体的尺寸（f、e）及切割位置（正垂面）斜切去长方体的左上角，如图 5-5c 所示。

3）最后在左下侧斜面上按照槽口尺寸（c、d）垂直挖去一个方槽，在右上侧斜面上按照槽口尺寸（c、g）水平挖去一个方槽，即完成简单体的正等轴测图，如图 5-5d 所示。

2. 回转体的正等轴测图画法

画回转体的正等轴测图，首先要掌握圆的正等轴测图画法。

（1）平行坐标面圆的正等轴测图画法　平行于坐标面圆的正等轴测图都是椭圆，除了椭圆的方位不同以外，其画法都相同。图 5-6 所示为平行于不同坐标面圆的正等轴测图。

通过图 5-6 看出，平行于 XOY 坐标面圆的正等轴测图，其椭圆长轴垂直于 OZ 轴测轴，短轴平行于 OZ 轴测轴；平行于 XOZ 坐标面圆的正等轴测图，其椭圆长轴垂直于 OY 轴测

轴，短轴平行于 OY 轴测轴；平行于 YOZ 坐标面圆的正等轴测图，其椭圆长轴垂直于 OX 轴测轴，短轴平行于 OX 轴测轴，依据这一特点来确定椭圆的方位。

圆的正等轴测图，即椭圆采用四心法画法，所谓四心法也就是将椭圆分成四段圆弧，分别找出四段圆弧的圆心和连接点最后连接形成，具体画图方法如图 5-7 所示。

（2）回转体的正等轴测图画法

【例 5-3】 根据缺口圆柱主、俯视图（图 5-8a），画正等轴测图。

图 5-8 所示为缺口圆柱正等轴测图的画法。

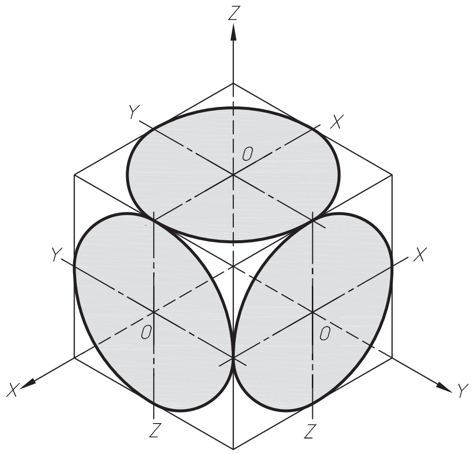


图 5-6　平行于不同坐标面圆的正等轴测图

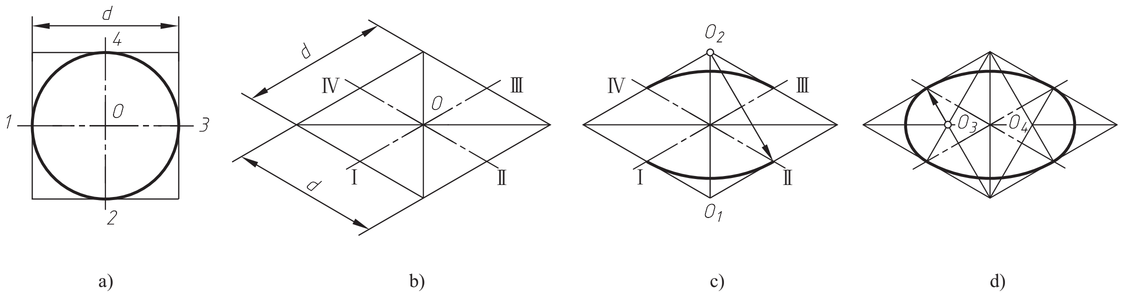


图 5-7　四心法画圆的正等轴测图

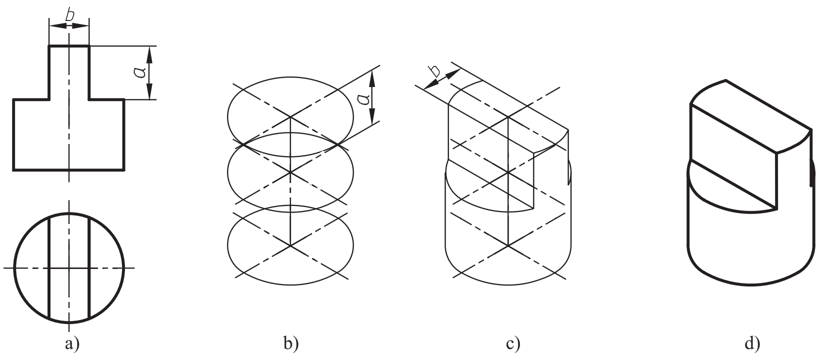


图 5-8　缺口圆柱正等轴测图的画法

画图步骤如下：

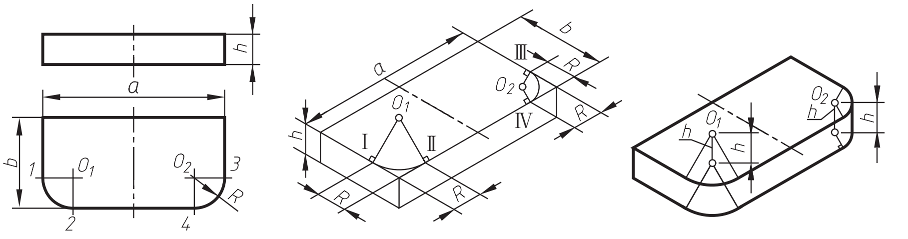
1）确定原点画 X、Y 轴测轴，先画圆柱顶面圆的轴测图。再按圆柱的高度 h 画出底面圆的轴测图，用公切线连接上下两椭圆，完成圆柱的轴测图，如图 5-8b 所示。

2）圆柱的切口部分是被一个水平面（与圆柱顶面距离为 a）和两个侧平面（距离为 b）对称切割而成，故采用切割法画出切口部分的轴测图，如图 5-8c 所示。

3）描深线条，即完成缺口圆柱的正等轴测图，如图 5-8d 所示。

【例 5-4】 根据带有圆角底板的两视图，画正等轴测图。

图 5-9a 所示是一个前端有两个 1/4 圆角的长方形底板。在正等轴测图椭圆画法中，其菱形框格的钝角与椭圆的大圆弧相对应，菱形钝角两条线的交点就是大圆弧的圆心。锐角与椭圆的小圆弧相对应，菱形相邻两条边的中垂线的交点就是小圆弧的圆心，根据椭圆画法原理由此可以得出圆角正等轴测图的简便画法。



a)　　　　b)　　　　c)

图 5-9　带有圆角底板的正等轴测图画法

画图步骤如下：

1）先画出长方形底板的轴测图，根据圆角的半径 R，在底板上表面相应的线段上找出Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ四个圆弧连接点。过Ⅰ、Ⅱ点分别作相应线段的垂线，两垂线交点 O_1 便是大圆弧的圆心。过Ⅲ、Ⅳ点分别作相应线段的垂线，两垂线交点 O_2 便是小圆弧的圆心。分别以 O_1 为圆心，O_1Ⅰ、O_1Ⅱ为半径，以 O_2 为圆心，O_2Ⅲ、O_2Ⅳ为半径画圆弧，完成底板上表面的圆角，如图 5-9b 所示。

2）将 O_1 O_2（圆心点）、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ（连接点）垂直下移底板的厚度 h，以同样的方法作底板底面的圆角，在底板右角处作上下两小圆弧的公切线，即完成底板圆角的正等轴测图，如图 5-9c 所示。

3. 组合体的正等轴测图画法

【例 5-5】 根据轴承座三视图，画正等轴测图，如图 5-10 所示。

通过形体分析，该轴承座主要是由带有两个圆孔圆角的长方形底板、直立的带圆孔半圆板和三角支承板叠加而成、故可采用叠加法画出正等轴测图。画图步骤如下：

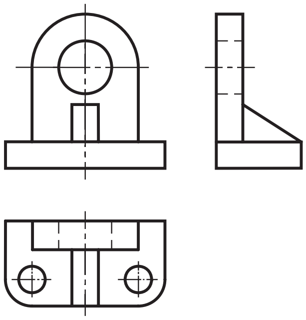


图 5-10　轴承座三视图

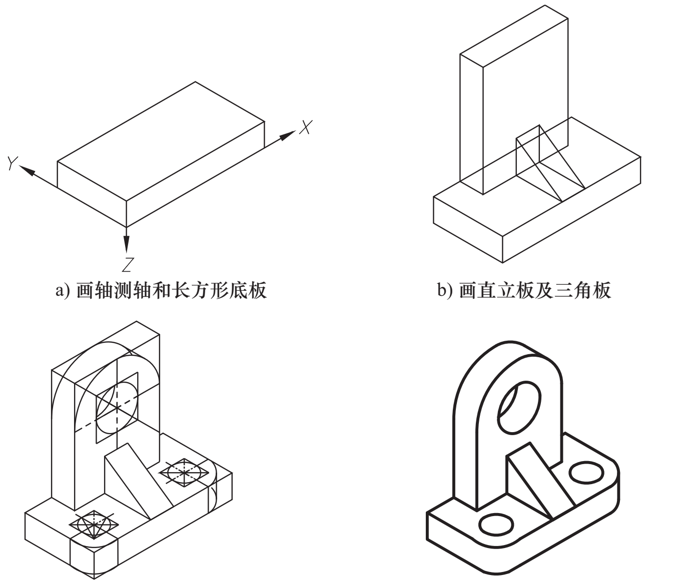
1）确定好轴测轴，先画出长方形底板的轴测图，如图 5-11a 所示。

2）确定直立半圆板在底板上的位置，画出半圆板的轴测图，如图 5-11b 所示。

3）确定三角支承板的位置，画出三角支承板的轴测图，如图 5-11b 所示。

4）最后画出长方形底板前端的圆角和两个圆孔及半圆板的孔（图 5-11c），即完成轴承

座的正等轴测图，如图 5-11d 所示。



a) 画轴测轴和长方形底板　b) 画直立板及三角板　c) 画各部分圆和圆角　d) 擦去多余的线条，将图线加深描粗

图 5-11　轴承座的正等轴测图画法

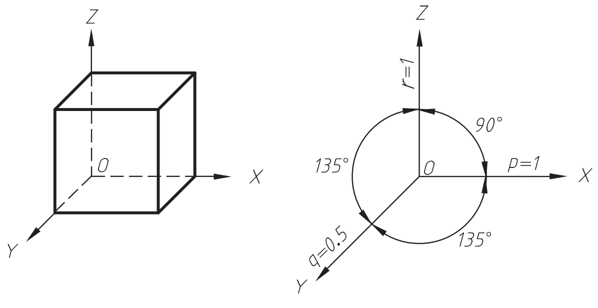
5.3　斜二轴测图画法

将空间物体的直角坐标轴中的 OX 轴和 OZ 轴平行于轴测投影面，用斜投影法将物体连同其坐标轴一起投射到轴测投影面上，所得到的轴测图称为斜二轴测图，简称斜二测。

5.3.1　斜二轴测图的轴间角和轴向伸缩系数

如图 5-12 所示，斜二轴测图中的 OX、OZ 轴测轴分别为水平和垂直方向，轴间角为 90°，轴向伸缩系数 $p=r=1$。而 OY 轴与 OX、OZ 轴间角都是 135°，轴向伸缩系数 $q=0.5$。

在斜二轴测图中，由于物体上平行于 XOZ 坐标面的线段和平面反映实长和实形，因此当物体的一个方向有较多的圆或圆弧，或者形状结构比较复杂时，采用斜二轴测图画法就比较简便。



a)　b)

图 5-12　斜二轴测图的轴间角和轴向伸缩系数

5.3.2　斜二轴测图的画法

【例 5-6】　画组合体的斜二轴测图。

由图 5-13a 所示三视图分析，该组合体是平面体，主视图反映的结构较为复杂，故将主

视图的坐标面平行于轴测投影面放置。组合体的组合方式是综合式，故可采用先叠加后切割的方法画出轴测图，画图方法如图 5-13b、c、d 所示。

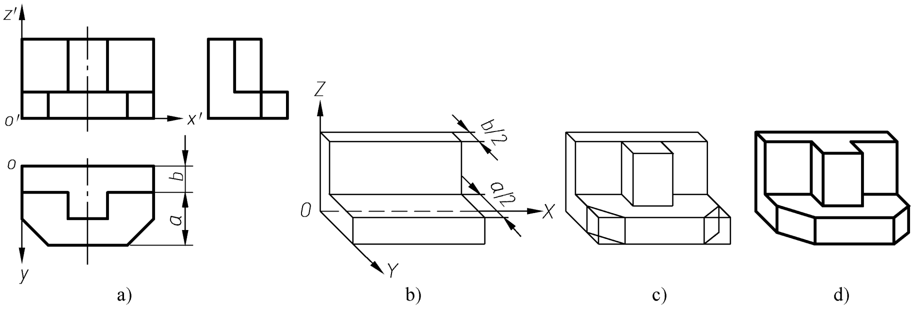


图 5-13　组合体的斜二轴测图画法

【例 5-7】　画圆筒的斜二轴测图

由图 5-14a 所示的圆筒两视图分析，圆筒反映圆的一面都平行于 XOZ 坐标面，其圆的斜二等轴测图与圆筒实物圆的大小形状相同，只要沿着圆筒的轴线（OY 轴测轴）确定好同向各个圆的圆心后，按不同直径画好圆，最后用公切线连接相应的圆或圆弧即可。

画图步骤如下：

1）先画好 OY 轴测轴，根据圆筒的轴向长度 b 取 1/2（乘以轴向伸缩系数 0.5）在 OY 轴测轴上确定圆筒前端面和后端面圆的圆心并画圆，用公切线连接前后端面圆，完成圆柱的轴测图，如图 5-14b 所示。

2）再在 OY 轴测轴上确定内圆孔圆心位置，画好内圆孔的各个圆或圆弧（圆筒后端面的圆孔看不见），如图 5-14c 所示。

3）擦去不可见的轮廓线，将其余线条加粗描深，即完成圆筒的斜二轴测图，如图5-14d 所示。

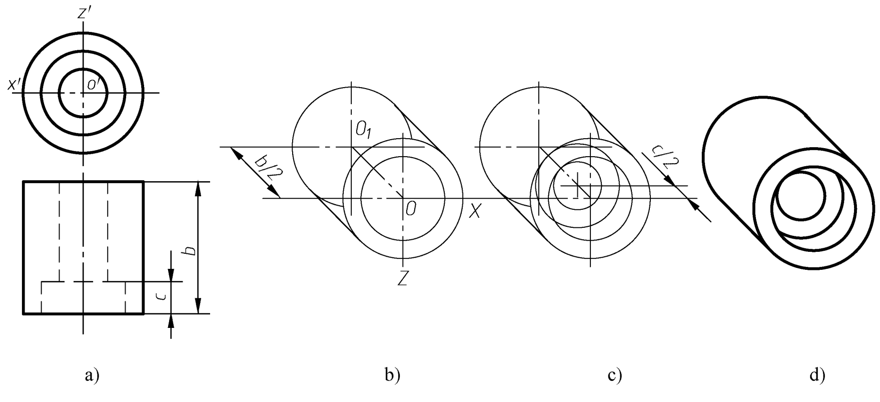


图 5-14　圆筒的斜二轴测图画法

【例 5-8】　画压盖的斜二轴测图

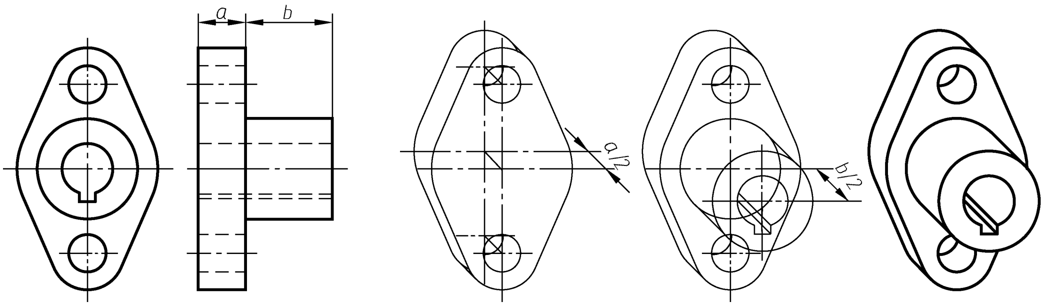
图 5-15a 所示为压盖的两面视图。通过分析，该压盖反映圆和圆弧的一面都平行于 XOZ 坐标面，故采用斜二轴测图画法最简便。压盖由端板和圆筒沿同一条轴线叠加形成，可采用叠加法画出斜二轴测图。

画图步骤如下：

1）根据压盖主视图，画出端板前端面轮廓线，然后将前端面轮廓线平行 *OY* 轴测轴后移 $a/2$（$q=0.5$），画出压盖后端面轮廓图，用公切线将前后两端面连接，完成压盖端板轴测图（要确定好各圆和圆弧的圆心点），如图 5-15b 所示。

2）以端板前端面中心为圆心画出圆筒的后端面圆，再将后端面圆平行 *OY* 轴测轴向前移动 $b/2$($q=0.5$)，画出圆筒前端面圆和同心圆孔（端板后表面的圆孔看不见），用公切线将前后两端面圆连接完成圆筒的轴测图。最后由圆筒前端面往里画方槽，如图 5-15c 所示。

3）擦去辅助线和不可见的轮廓线，将图线描粗加深，即完成压盖的斜二轴测图，如图 5-15d 所示。

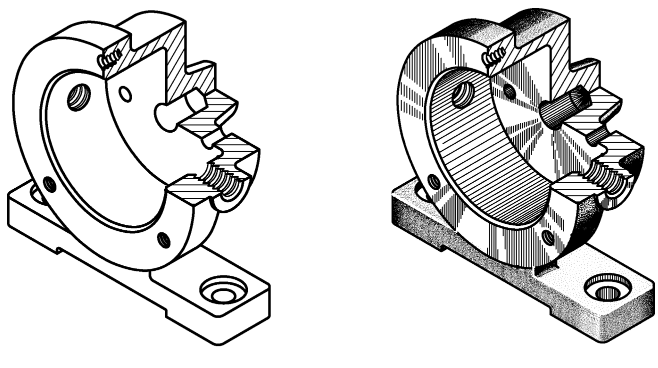


a)　b)　c)　d)

图 5-15　压盖的斜二轴测图画法

5.4　轴测图润饰

机械零部件轴测图若采用单线条构图，则图中有大面积的空白造成图形单调，从直观效果来看不够形象和逼真。如果把轴测图加以润饰，就能明显增强轴测图的立体感和表面质感，形象逼真。所谓轴测图润饰，就是在阴影理论的指导下，按照由深浅浓淡组成的光觉系统，由色彩来表现物体表面明暗和粗糙程度变化的方法，对轴测图加以描绘修饰，以增加轴测图的表面质感和立体效果，如图 5-16 所示。轴测图有彩色润饰和黑白润饰两种，本节所介绍的是黑白润饰方法。



a) 未经润饰的轴测图　b) 已润饰的轴测图

图 5-16　轴测图的润饰效果

5.4.1　物体表面的色调

物体的形状、材质和加工精度以及光线投射方向的不同，其表面明暗的层次和程度不

同。所谓色调，就是指物体表面由深浅浓淡颜色所组成的明暗调子。

1. 平面立体表面的三色调

平面立体表面主要有亮、灰、暗三种色调，其中迎光面受光最强，称为亮面；斜侧方向受光较弱，称为灰面；背光面较暗，称为暗面，这就是平面立体表面三色调，如图 5-17 所示。根据立体表面受光不同，分别画出亮、灰、暗三种色调，就可完成立体表面的润饰。

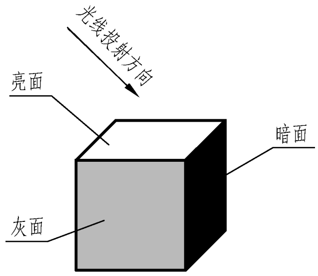
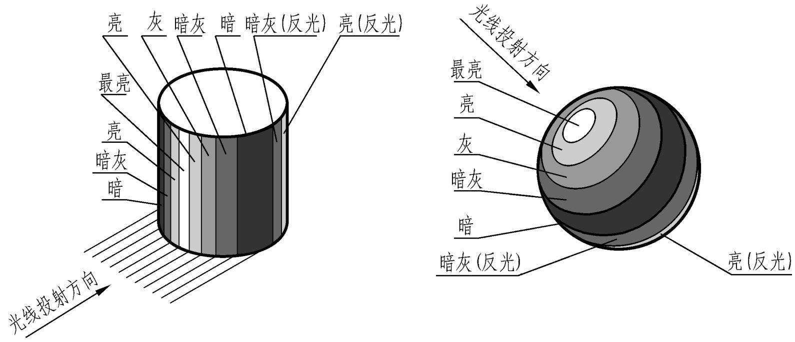


图 5-17　平面立体表面的三色调

2. 回转体表面的五色调

回转体在光线的照射下，其表面的明暗色调是均匀、渐变性变化的。光线直射的表面受光最强，产生最亮面；最亮面的两侧便是亮面，接着再往两侧回转，便是灰面和暗灰面，背光面则是暗面。立体背面由于受反射光的影响，在暗面还会出现反光而产生灰面，我们把最亮、亮、灰、暗和反光称为回转体表面的五色调，如图 5-18 所示。



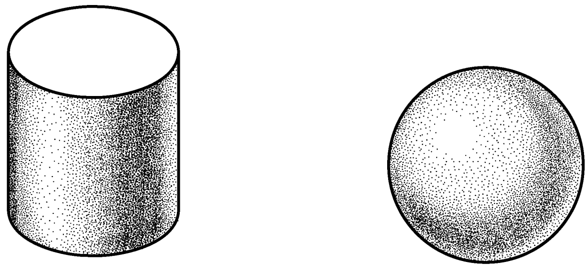
a) 圆柱表面五色调　　b) 圆球表面五色调

图 5-18　回转体表面的五色调

5.4.2　物体表面明暗层次及其处理

明暗层次是指色调在转变过程中的明暗变化。在这里不能误解为一个色调就是一个层次，在一种色调向另一种色调的转换过程中，明暗层次是均匀、渐变性变化的。例如圆柱表面的明暗色调是呈长方条状，而一个长方条向另一个长方条过渡的界线不是很明显，而是由亮到灰、由灰到暗均匀地变化，如图 5-19a 所示。又如圆球的明暗色调呈圆环状，最亮的为一个圆点，而层次变化是从最亮点开始向四周均匀扩散，色调逐渐由亮到灰、由灰到暗地变化，如图 5-19b 所示。

对于物体表面上明、灰、暗色调的处理，首先要处理好灰色调（中间色调）。由于灰色调所占比例较大，如果灰色调处理得当，层次丰富，明暗色调也就容易处理了。例如灰色调面积较大，色调浅淡一些，亮面比例大一些，物体表面就有明快、柔和的感觉。又如灰色调灰暗一些，过渡层次不丰富，只保留少量的亮面和高光，物体表面就有沉稳、黑中透亮的感觉。



a) 圆柱表面色调明暗层次的处理　　b) 球表面色调明暗层次的处理

图 5-19　回转体表面色调明暗层次的处理

5.4.3　轴测图的润饰方法

1. 洒点润饰

用点的稀密变化来表现物体表面明、灰、暗色调的方法称为洒点润饰。用这种方法表现物体表面明、灰、暗色调时，亮部洒点要稀散，暗部洒点要密集。点越细小，洒得越均匀，物体表面的质感就越强烈、越细腻，反之表面质感就显得粗糙。常用这种方法来表现物体比较粗糙的表面，如铸锻件的表面，如图 5-20 所示。

2. 线条润饰

用线条的疏密变化来表现物体表面明、灰、暗色调的方法称为线条润饰。用这种方法表现物体表面明、灰、暗色调时，亮部的线条要稀散，暗部的线条要密集，画线条时，线条要粗细相同，细而光滑，一般要平行所润饰表面的轮廓线。由于线条润饰能充分表现出物体光滑表面的质感，常用这种方法来表现物体较为光滑的表面，尤其是圆柱或圆锥表面。所要注意的是圆柱表面润饰的线条要平行圆柱的轴线，而圆锥润饰的线条要通过锥顶，如图 5-21 所示。

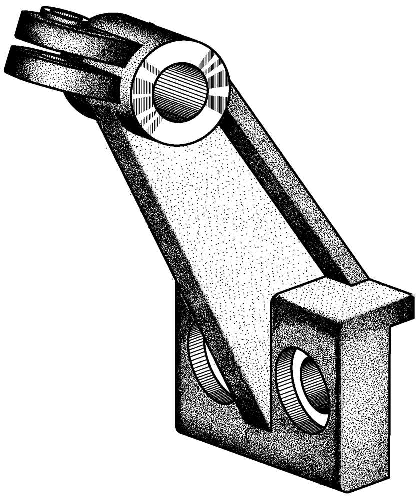
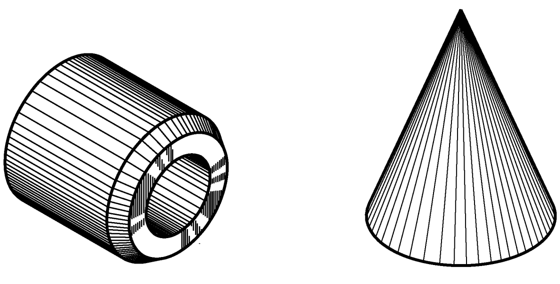


图 5-20　洒点润饰的效果



a)　　b)

图 5-21　线条润饰的效果

3. 线面润饰

用不同宽度、不同距离的线条来表现物体表面明、灰、暗色调的方法称为线面润饰。用

这种方法润饰的色调黑白对比强烈，富有装饰性。用线面润饰方法润饰加工精度高、光滑的圆柱面或圆锥面效果很好，如图 5-22 所示。

4. 块面润饰

用较大面积的黑白块面来表现物体表面明、灰、暗色调的方法称为块面润饰。采用这种方法润饰，受光面都是白色，背光面则用黑色或深灰色。块面润饰的特点是黑白对比强烈，色调单纯，作图简单。但由于缺少中间色调，物体表面质感差。块面润饰要求对物体的阴影做出准确分析，以确定黑白面的方向和位置，一般作为平面物体表面的润饰，如图 5-23 所示。

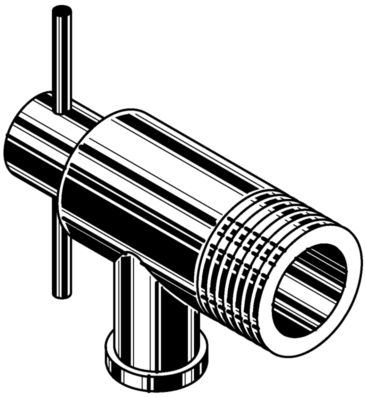
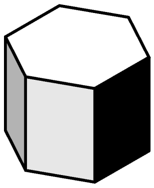
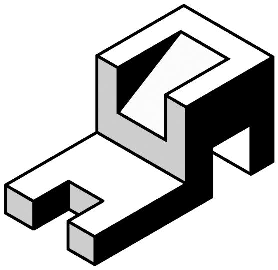


图 5-22　线面润饰的效果



a)



b)

图 5-23　块面润饰的效果

5. 综合润饰

用以上几种方法结合起来对物体表面进行润饰的方法称为综合润饰，大多数零件的表面都采用这种方法，如图 5-16b 所示。

本 章 小 结

主要内容和重点：

本章介绍了轴测图的概念及形成，正等轴测图、斜二轴测图画法，轴测图的润饰，重点介绍正等测、斜二测两种常用轴测图的画法。

学习要求：

学习轴测图应了解和掌握以下方面知识要点。

1）了解轴测图的形成、种类及其投影特性，重点掌握正等轴测图、斜二轴测图的画法，能徒手画轴测草图。

2）了解物体表面色调及其明暗层次的处理，掌握轴测图的润饰方法，能做简单立体的轴测图润饰。

第 6 章

机件表达方法

机械零件的形状是千差万别的，有的零件内外形状结构都比较复杂，要想把它们表达得完整、准确、清楚，只用前面所讲的三视图表达是难以满足要求的。为此，国家标准规定了一系列机器零件表达方法，以供画图时根据机器零件形体结构的特点进行选择。本章将介绍视图、剖视图、断面图、简化画法等常用表达方法。

6.1　视图

视图主要是用来表达机件的外部结构形状，一般只画可见结构，必要时才用细虚线表达不可见结构。视图种类有基本视图、向视图、局部视图和斜视图。

6.1.1　基本视图

以正六面体的六个面作为基本投影面，用正投影法将物体向六个基本投影面上投射得到的视图称为六面基本视图，简称基本视图。基本视图是在原有的主视图、俯视图和左视图的基础上增加了：

由机件后方向前方投射得到的视图——后视图。

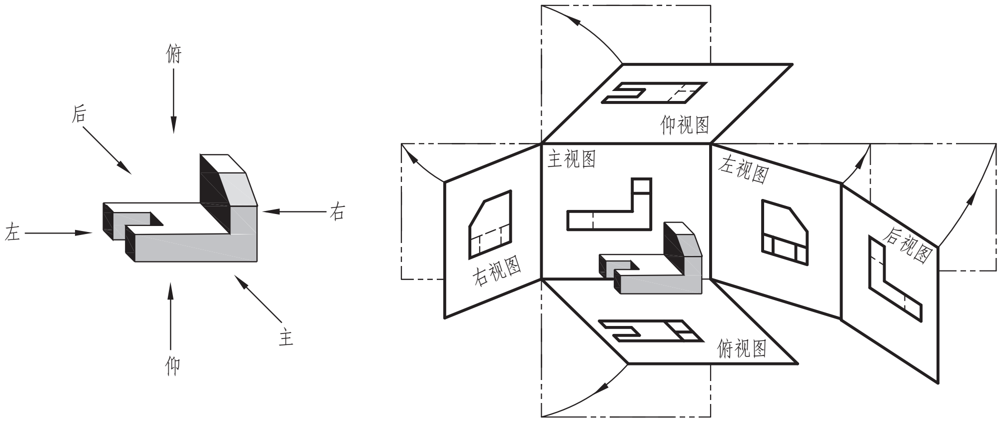
由机件下方向上方投射得到的视图——仰视图。

由机件右方向左方投射得到的视图——右视图。

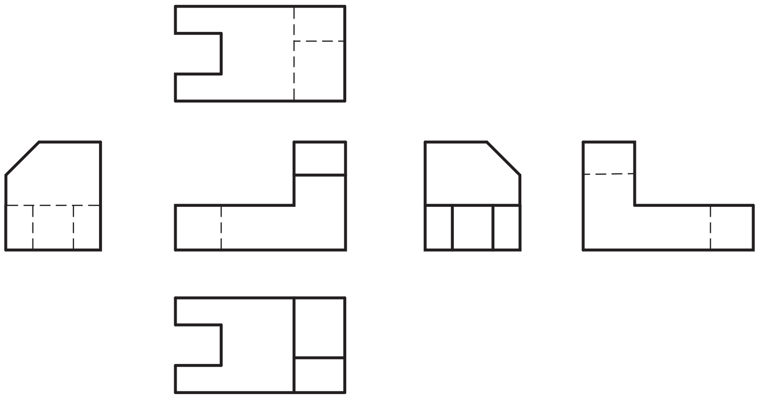
基本视图的形成如图 6-1a 所示，基本视图的位置如图 6-1b 所示，各视图之间仍应符合"长对正、高平齐、宽相等"的投影规律，即主、俯、仰、后视图长对正，主、左、右、后视图高平齐，俯、仰、左、右视图宽相等。其中俯、左、仰、右视图靠近主视图里侧均反映物体的后面，后视图的左侧反映物体的右面，右侧反映物体的左面。

6.1.2　向视图

有时根据机件表达的需要，基本视图可以不按图 6-1b 规定的位置配置，这种视图就称为向视图。向视图的上方应标注"×"（大写拉丁字母），并在能表示向视图投射方向的基本视图附近画上箭头指明投射方向，注写相同的大写字母，如图 6-2 所示。向视图是基本视图的另一种表达形式，它们的最大区别就在于视图配置的位置不同。



a) 基本视图的形成



b) 基本视图的位置

图 6-1　基本视图的形成及配置位置

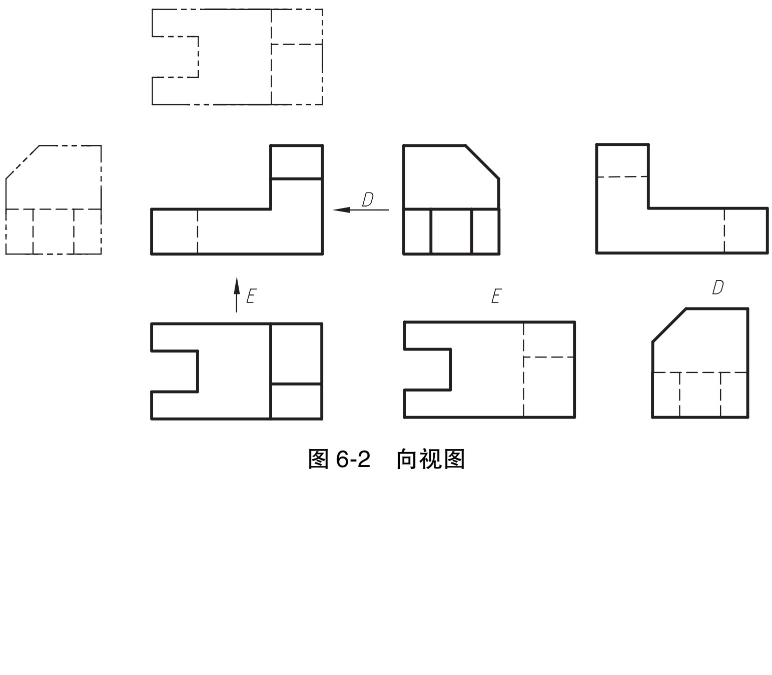


图 6-2　向视图

6.1.3　局部视图

当机件的主要形状已表达清楚，只有局部结构尚未表达清楚，而又没有必要用一个完整的基本视图表达时，可单独将这一局部结构向基本投影面投射，投射所得的视图称为局部视图。

画局部视图时，一般在其视图上方标注“×”（为大写拉丁字母），在相应的基本视图或其他视图附近用箭头指明投射方向，并标注相同的大写字母，如图 6-3b 所示。

当局部视图按投影关系配置，中间又没有其他图形隔开时，可省略标注，如图 6-3c 所示。

为了读图方便，局部视图应尽量和基本视图保持投影关系，但有时为了合理利用图纸幅面，也可将局部视图配置在其他适当的位置，此时必须要标注字母代号，如图 6-3 所示。

局部视图的断裂处边界线用波浪线表示，如图 6-3a 所示。画波浪线时应注意：

1）波浪线不应与图形轮廓线重合或画在轮廓线的延长线上。

2）波浪线不应超出图形轮廓线的范围，不应穿越空心部分。

3）当所表达的局部结构是完整的，且外轮廓线又自成封闭时，波浪线可以省略不画。如图 6-3b、c 所示的局部视图。

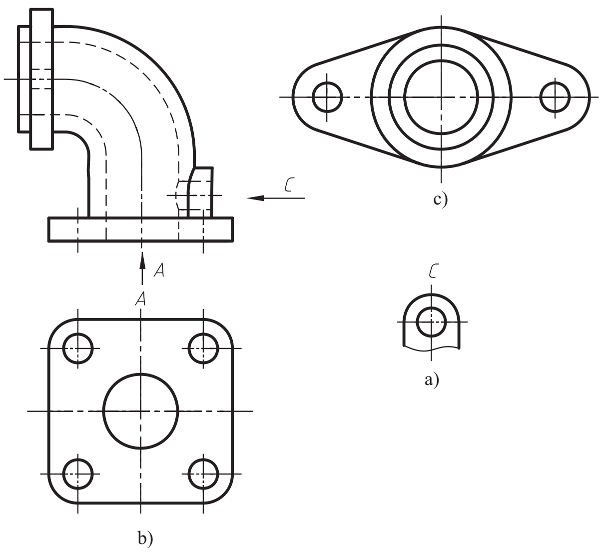


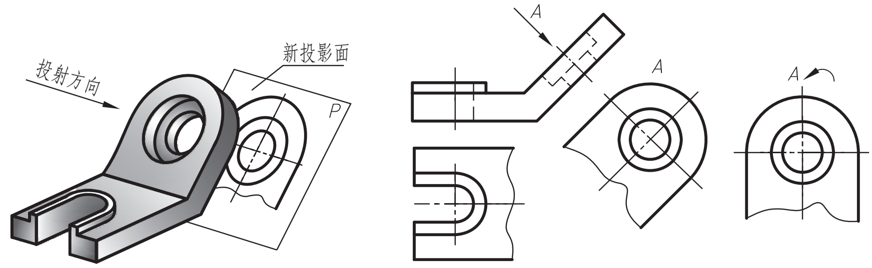
图 6-3　局部视图

6.1.4　斜视图

当机件某部分（倾斜结构）不平行于基本投影面时，其基本视图不反映该部分的真实形状，这时可选择一个新的辅助投影面，使它与机件的倾斜部分平行（且垂直某一个投影面），再将机件倾斜部分向新的辅助投影面投射，投射所得到的视图称为斜视图，如图 6-4 所示。

斜视图只需表达机件的倾斜部分，其余部分不必在斜视图中画出，此时应用波浪线断开。当所表达的倾斜部分的结构是完整的，且外轮廓又自成封闭图形时，波浪线可省略不画。

画斜视图时，一般按箭头所指的投射方向，且符合投影关系的位置配置。在斜视图的上方标注其名称“×”，在相应的基本视图上的倾斜结构附近用箭头指明投射方向，并注上相同的大写拉丁字母（字母须水平书写），如图 6-4b 所示。在不引起误解的情况下，允许将斜视图旋转放正（一般以最小角度方向旋转为宜），但要画出旋转符号“⌒”，且旋转符号的方向要与图形旋转方向一致。旋转符号的箭头端应靠近字母，也允许将旋转符号注在字母之后，如图 6-4c 所示。



a)　　b)　　c)

图 6-4　斜视图

6.2　剖视图

用视图表达机件时，机件不可见的轮廓线用虚线表示。机件的内部结构越复杂，虚线就越多，这样势必出现虚线、实线交错，使图形不够清晰，不利于画图、读图及标注尺寸，为此，国家标准《机械制图》规定了剖视图的表达方法。

6.2.1　剖视图的概念

假想用剖切面剖开机件，将处在观察者与剖切面之间的部分移去，而将其余的部分向投影面投射所得的图形，称为剖视图，简称剖视。剖视图是专门用来表达机件的内部结构形状。

如图 6-5a 所示，为了表达该机件的内部结构形状，假想用一个通过各圆孔轴线的正平面作为剖切面剖开机件，移去剖切面前面的部分，将剩下的部分向 V 面投影所画出的剖视图。经过剖切后，原视图中不可见的部分变为可见，原有的虚线画成实线，其内部结构形状变得更清楚，表达的更完整，而且易于标注尺寸。

6.2.2　剖视图的画法与标注

（1）剖切面位置的确定　剖视图主要用于表达机件的内部结构形状，所以剖切面一般应通过机件上孔的轴线、槽的对称面等位置，如图 6-5a 所示。

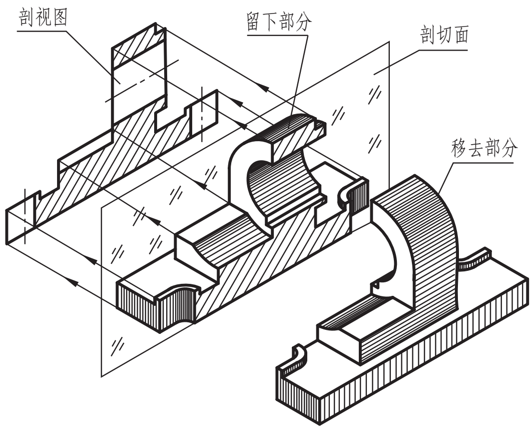
（2）剖视图的画法　剖切面与机件接触的部分称为剖面。画剖视图时，应将剖面及剖切面后面的所有可见轮廓线都用粗实线画出，如图 6-5c 所示。

按照国家标准《机械制图》的有关规定，在断面上要画剖面符号。常用材料的剖面符号见表 6-1。剖面符号又称剖面线，如画常用的金属材料剖面线时应遵循以下规定：

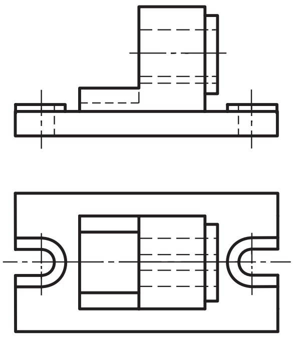
1）剖面线应画成与水平方向倾斜 45°（向左或向右均可），且间隔相等的细实线。

2）在同一图样中，同一机件在各个剖视图中的剖面线倾斜方向及间隔均应相同。

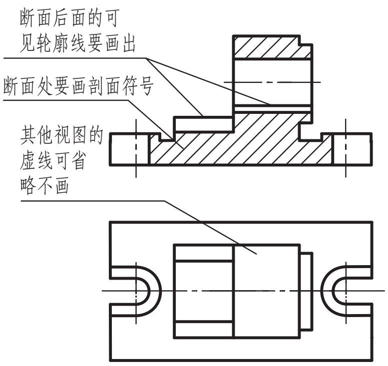
3）当图形中的主要轮廓线的方向与水平方向成 45°或接近 45°时，该图形上的剖面线应画成与水平方向成 30°或 60°的剖面线，倾斜方向和间距仍应与其他剖视图上的剖面线一致，如图 6-6 的主视图所示。



a) 剖视图的形成



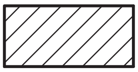
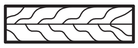
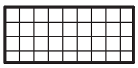
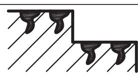
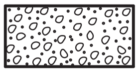
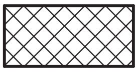
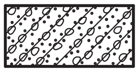
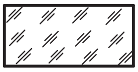
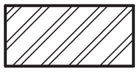
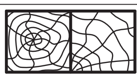
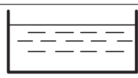
b) 视图



c) 剖视图

图 6-5　剖视图的形成及画法

表 6-1　常用材料的剖面符号（剖面线）

材料名称	剖面符号	材料名称	剖面符号
金属材料 (已规定的剖面符号除外)		木质胶合板(不分层数)	
线圈绕组元件		基础周围的泥土	
转子、电枢、变压器 和电抗器等的叠钢片		混凝土	
非金属材料 (已规定的剖面符号除外)		钢筋混凝土	
玻璃及供观察用 的及其他透明材料		砖	
木材　纵断面		格风(筛网、过滤网)	
木材　横断面		液体	

注：1. 剖面符号仅表示材料的类别，材料的名称和代号必须另行注明。
　　2. 叠钢片的剖面线方向，应与束装中叠钢片的方向一致。
　　3. 液体用细实线绘制。

（3）剖视图的标注　剖视图的标注应符合以下规定：

1）画剖视图时，应在剖视图的上方用大写拉丁字母标注剖视图的名称“×—×”（如*A*—*A*、*B*—*B*）。在相应的视图上画剖切位置线（长5～10mm的粗实线）表示剖切面的起讫和转折位置，同时在剖切位置线的外侧画出与它垂直的细实线和箭头表示投射方向。注意剖切位置线不应与图形的轮廓线相交或重合，并在它的起讫和转折处标注相同的大写拉丁字母（字母应水平书写）。

2）当剖视图按投影关系配置，中间又没有其他图形隔开时，可以只画剖切位置线，省略箭头。如图6-6主视图中“*A*”剖切面的注法。

3）当剖切面通过机件的对称平面或接近对称平面处时，且剖视图按投影关系配置，中间又没有其他图形隔开时，可以不加任何标注，如图6-6主视图中所采用剖视图的标注。

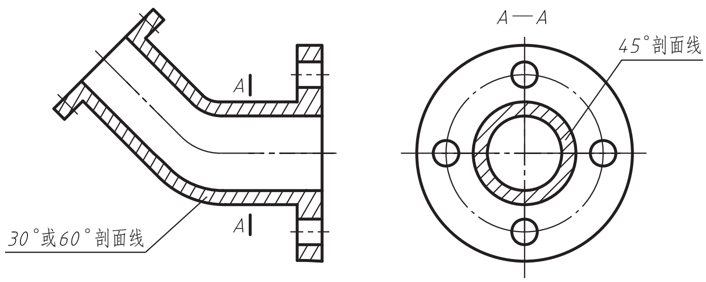


图6-6　金属材料剖面线的画法

（4）画剖视图时应注意下列问题：

1）剖切机件是假想的，因此当机件的一个视图画成剖视图时，其他视图仍应完整画出。

2）画剖视图时，应将剖切面后方的所有可见轮廓线画出，不得遗漏，如图6-7所示的几种孔的剖视图画法。

3）在剖视图中一般不画虚线，只有在现有的一组视图中还不能够表达清楚某结构时，才在剖视图上画出该结构的少量虚线。

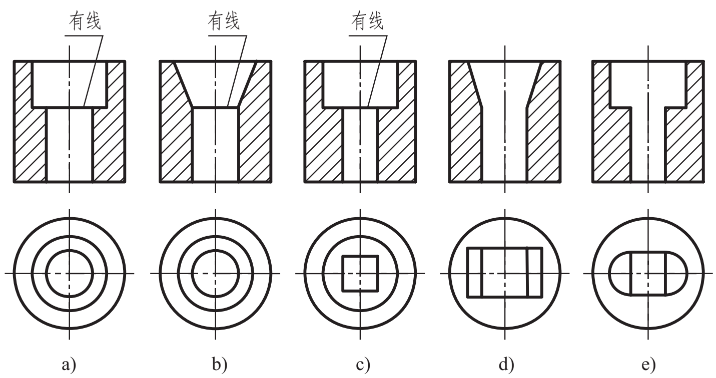


图6-7　几种孔的剖视图画法

6.2.3　剖视图的种类

国家标准规定剖视图分为三种，即全剖视图、半剖视图和局部剖视图。

1. 全剖视图

用剖切平面完全地剖开机件所得的剖视图，称为全剖视图。如图 6-5c 所示机件的主视图即为全剖视图，图 6-7 中各孔的主视图也均为全剖视图。

2. 半剖视图

当机件具有对称平面时，在垂直于机件对称平面的投影面上所投射的视图，以机件对称中心线为界，一半画成视图，一半画成剖视图，这种剖视图称为半剖视图，如图 6-8 所示。

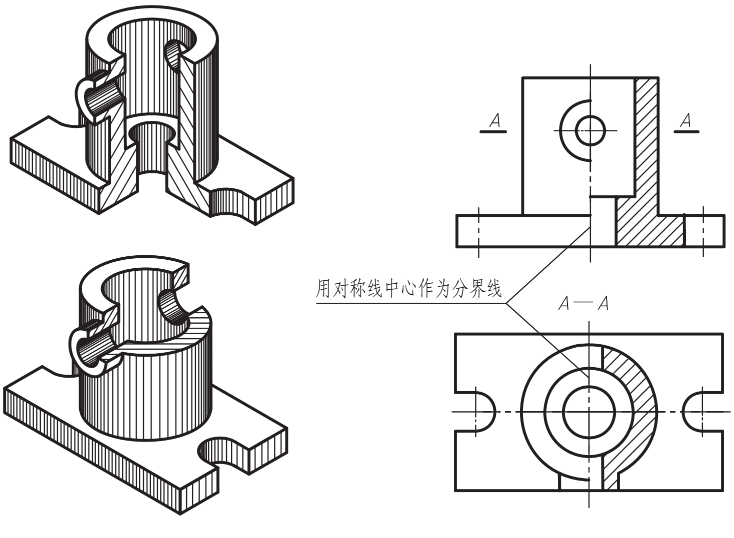
半剖视图主要用于表达内形、外形都比较复杂的具有对称结构的机件。当机件形状接近对称，且不对称部分已另有视图表达清楚时，也可采用半剖视图。

画半剖视图时应注意：

1）剖视图中剖与未剖部分的分界线用细点画线（对称线）表示，不能用其他图线。

2）在机件未剖的半个视图上，虚线省略不画。

3）当所表达的结构是左右对称分布时，规定把半剖视图画在对称线的右方，如图 6-8b 所示的主视图。当所表达的结构是上下对称分布时，规定把半剖视图画在对称线的下方或右方，如图 6-8b 所示的俯视图。



a)　　b)

图 6-8　半剖视图画法

3. 局部剖视图

用剖切平面局部地剖开机件所得的剖视图称为局部剖视图，如图 6-9 所示。

当不对称机件的内、外结构形状都需要在同一视图上兼顾表达，而又不宜采用全剖视和半剖视的表达方法时，可采用局部剖视图表达，如图 6-10 所示。

当实心机件（如轴类零件）上有孔、凹坑或键槽等局部结构时，也常用局部剖视图表达，如图 6-11 所示。

局部剖视图中，剖与未剖部分的分界线应用波浪线表示，其画法应注意以下几点：

1）波浪线不能与视图中任何图线重合或用其他图线代替。

2）波浪线不能超出视图轮廓线之外。

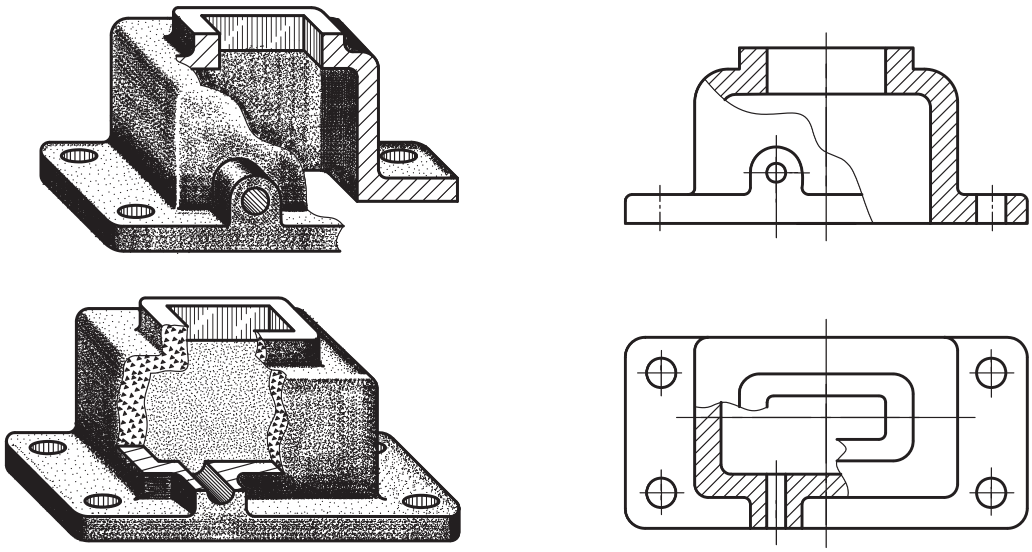
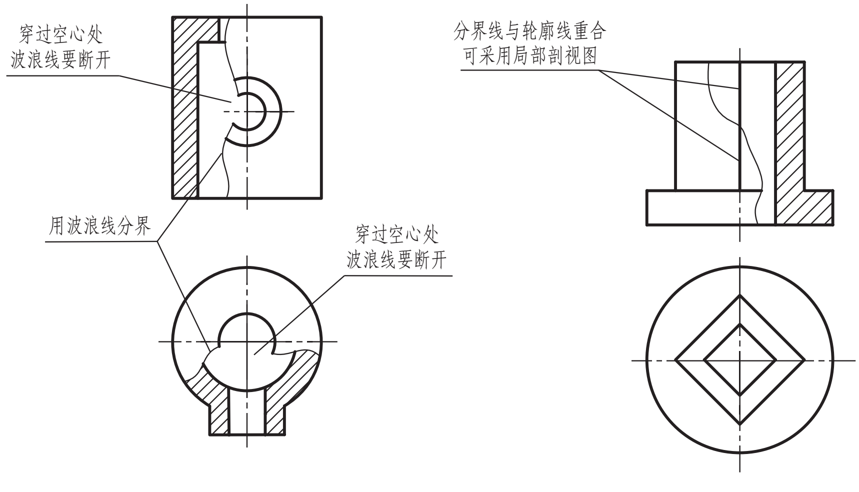


图 6-9　局部剖视图画法



a)　　　　b)

图 6-10　局部剖视图及波浪线画法

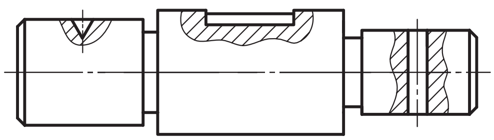


图 6-11　轴上的孔、凹坑和键槽的局部剖视图画法

3）波浪线不能穿越机件的空心部分，如遇到外露的孔、槽等内部结构时，波浪线应断开，如图 6-10 所示。

对于剖切位置明显的局部剖视图一般不标注剖切符号。

局部剖视图的剖切范围可大可小，非常灵活，如运用恰当可使表达重点突出，简明清晰。但在同一机件的同一视图上采用局部剖视图的数量不宜太多，否则会使表达过于凌乱，

而且会影响内部结构的联系。

6.2.4　剖切面的分类

为满足各种不同内部结构机件的表达，国家标准规定了三种剖切面，即单一剖切面、几个相交的剖切面、几个平行的剖切面。

1. 单一剖切面

用一个剖切面剖开机件的方法，称为单一剖切面法。单一剖切面按相对于基本投影面位置的不同，分为下面两种：

（1）平行于基本投影面的单一剖切面　前面列举的全剖视图、半剖视图、局部剖视图图例都是平行于基本投影面的单一剖切面的剖视图，这种剖切方法最常用。

（2）不平行于基本投影面的单一剖切面　用不平行于基本投影面的剖切面剖开机件，再将剖开的内部结构向平行于剖切面的投影面上投射，所得到的剖视图通常称为斜剖视图。这种剖视图专门用来表达机件上与基本投影面倾斜的内部结构。

用不平行于任何基本投影面的剖切面剖开机件所画的剖视图必须要标注，其剖切位置线与字母的标注形式如图 6-12 所示。注意字母一律水平书写，与图形倾斜的方向无关。

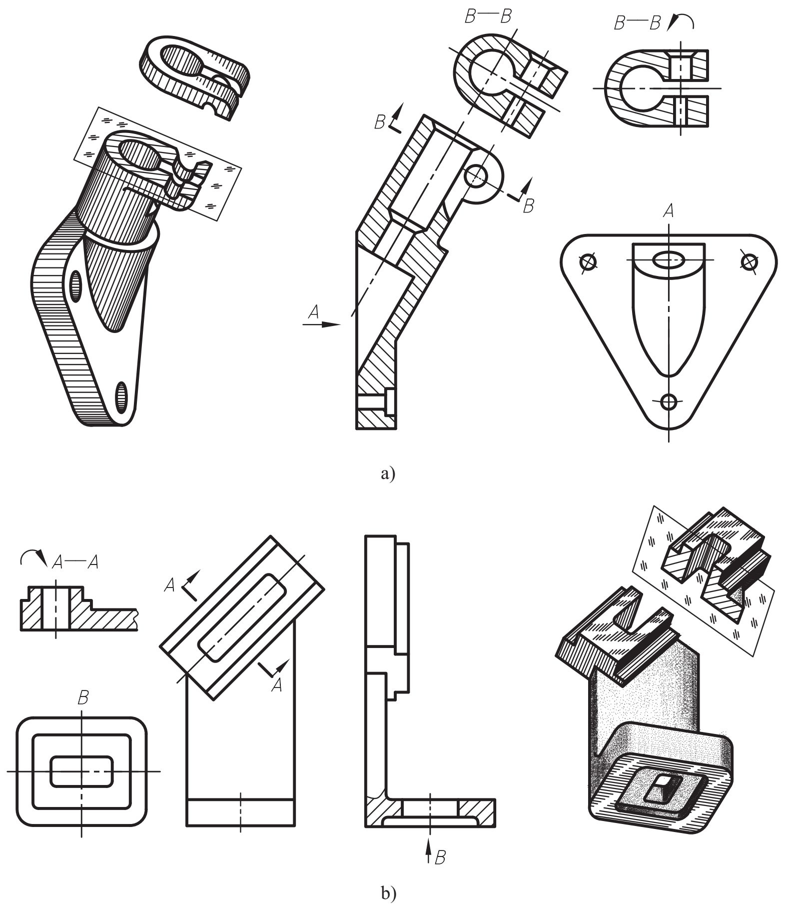


图 6-12　用不平行于任何基本投影面的剖切面剖切所画的剖视图

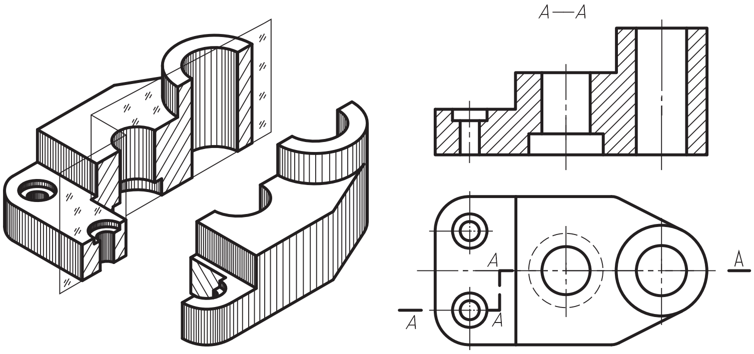
剖视图的位置最好按箭头所指的方向配置，并与基本视图保持投影关系，特殊情况也可以平移到其他适当位置。在不致引起误解的情况下，允许将图形旋转放正，但必须在剖视图上方标注旋转符号⌒，其箭头方向与图形旋转方向一致。旋转符号的箭头端应靠近字母。

2. 几个平行的剖切平面

用几个平行于某一基本投影面的剖切面剖开机件所画的剖视图的方法。

图 6-13 所示的机件，为了表达左边圆孔、中间圆孔和右边圆孔的内部形状，仅用一个剖切平面是做不到的，为此采用两个互相平行的剖切平面，分别通过所要表达的孔的轴线剖开机件，把主视图画成剖视图，这样就可以把各个孔的内部形状表达清楚。

用几个平行的剖切面剖开机件所画的剖视图必须要标注，在各个剖切面的起讫和转折处要画剖切位置线，注写同一字母，并在剖视图上方注出相应的字母，如 *A*—*A*、*B*—*B*，标注方法如图 6-13 所示。



a)　　b)

图 6-13　几个平行的剖切面剖开机件所画的剖视图

画剖视图时应注意的问题：

1）在剖切面的转折处不要画出各个剖切平面的转折线，如图 6-14 主视图所示。

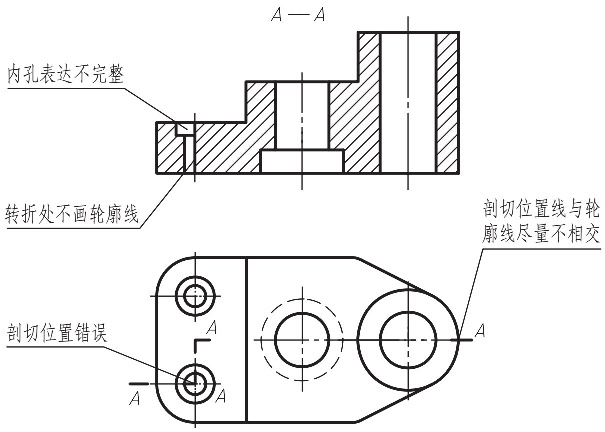


图 6-14　剖视图中的错误画法

2）剖切面转折处的剖切位置线不应与视图中的轮廓线重合，也尽量不要相交。

3）机件的内部结构要剖切完整，不应出现不完整的要素，如图 6-14 主视图所示左边的同心圆孔没有剖切完整。

3. 几个相交的剖切平面

用几个相交的剖切面（交线垂直于某一基本投影面）剖开机件所画出剖视图的方法。如图 6-15 所示的机件，为了表达沿圆周分布的三个小孔及中间的大孔等结构，仅用一个剖切平面不能都剖到。由于该机件具有回转轴线，可以采用两个相交的剖切平面，并使其交线（正垂线）与回转轴线重合，让两个剖切平面通过所要表达的孔、槽剖开机件，然后将与投影面倾斜的部分绕回转轴旋转到与投影面平行的位置，再进行投射，这样机件上所要表达的要素就表达清楚了。

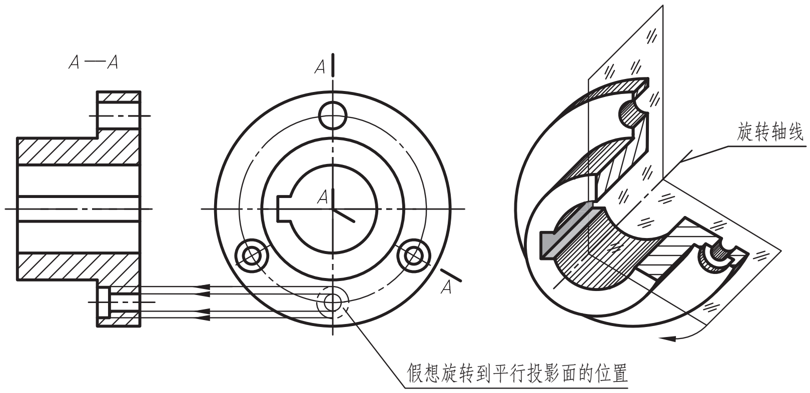


图 6-15　几个相交的剖切面剖切所画的剖视图

旋转剖视图需要标注，在剖切平面的起讫及转折处要画出剖切符号，注上相同的字母，如果转折处地方太小，在不致引起误解的情况下，可以省略字母，在剖视图上方注出相应的字母，如 *A*—*A*、*B*—*B*。

6.3　断面图

6.3.1　断面图的概念

假想用剖切面将机件的某处切断，仅画出剖切平面与机件接触部分的图形，称为断面图。如图 6-16 所示的吊钩，仅用一个主视图不能表达吊钩断面结构的变化情况，因而在吊钩不同的位置用四个剖切面剖切，画了四个断面图，就能将吊钩弯钩部分结构变化的形状表达得一目了然。

断面图常用来表达机件上某一局部结构的断面形状，如轴类零件上的键槽、圆孔、凹坑，机件上的肋、轮辐及各种型材的断面形状。

断面图与剖视图的区别是：断面图仅画出剖切面与机件接触部分的图形，而剖视图则是将断面及其后面的结构一起画出，如图 6-17 所示。

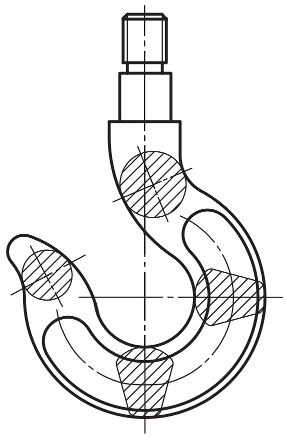


图 6-16　吊钩的断面图

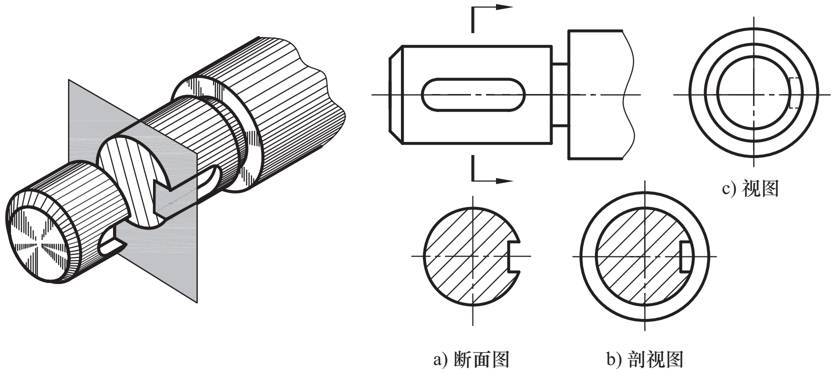


图 6-17　断面图与剖视图、视图的区别

6.3.2　断面图的种类与画法

根据断面图配置位置的不同，可分为移出断面图和重合断面图两种。

1. 移出断面图

画在视图外的断面图，称为移出断面图，如图 6-18 所示。

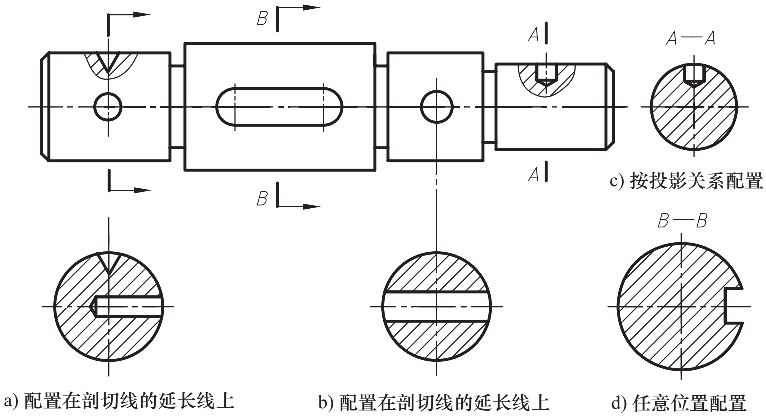


图 6-18　移出断面图的配置与标注

（1）移出断面图规定画法

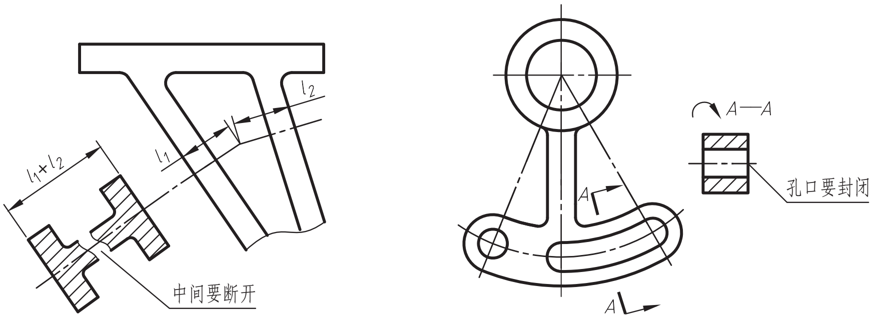
1）移出断面图的轮廓线用粗实线绘制，并在断面图上画上剖面符号。

2）移出断面图应尽量配置在剖切位置线的延长线上，如图 6-17a、图 6-18a、b 所示。必要时也可将移出断面图配置在其他适当位置，如图 6-18c、d 所示。

3）由几个相交剖切面剖切所得的移出断面图，断面图中间应用波浪线断开表示，如图 6-19a 所示。

4）当剖切面通过回转面形成的孔（圆孔）或凹坑（圆坑）的轴线剖切时，这些结构应按剖视图绘制（孔口要封闭），如图 6-18a、b、c 所示。

5）当剖切面通过非圆孔剖切，会导致断面图出现完全分离的两个图形时，则这些结构需按剖视图绘制（孔口要封闭），如图 6-19b 所示。



a) 由两相交剖切面剖切的断面图　　b) 按剖视图画出的断面图

图 6-19　移出断面图的规定画法

（2）移出断面图规定标注

1）移出断面图一般应用剖切位置线（粗短画线）表示剖切位置，用箭头表示投射方向，并注上字母，在断面图的上方用相同的字母标出其名称“×—×”，如图 6-18d 所示。

2）没有配置在剖切位置线的延长线上，或没有按投影关系配置的不对称的移出断面图，必须要标注全部内容，如图 6-18c 所示。

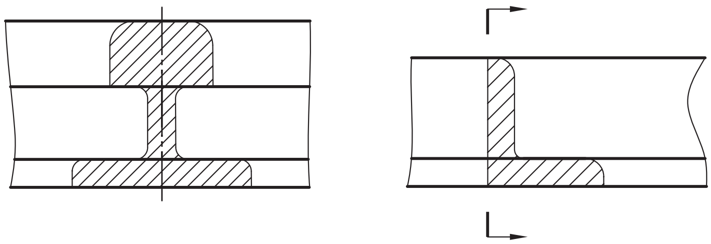
3）配置在剖切符号延长线上的不对称移出断面图，应画出剖切位置线和箭头，但可省略字母，如图 6-18a 所示。

4）没有配置在剖切位置线的延长线上的对称移出断面图，或按投影关系配置的不对称移出断面图，均可省略箭头，如图 6-18d 所示。

5）配置在剖切符号延长线上的对称移出断面图，或配置在视图中断处的对称移出断面图则完全省略标注，如图 6-18b 所示。

2. 重合断面图

画在视图内的断面图称为重合断面图，如图 6-20 所示。



a) 对称图形　　b) 不对称图形

图 6-20　重合断面图的画法与标注

（1）重合断面图的画法　重合断面图的轮廓线用细实线绘制。当视图的轮廓线与重合断面图的轮廓线重合时，重合部分仍按视图轮廓线画出。

（2）重合断面图的标注　重合断面图直接画在视图内的剖切位置处，因此可省略字母。但是对于不对称的重合断面图，仍要画出剖切位置线，并用箭头表示投射方向，如图 6-20b

所示。对称的重合断面图，则不必标注，如图 6-20a 所示。

6.4 局部放大图

6.4.1 局部放大图的概念

将机件的局部结构用大于原图形所采用的比例画出的图形，称为局部放大图，如图 6-21 所示。

当机件某些结构较小，用原图形所采用的比例画出，图形过小而表达不清楚，又不便于标注尺寸时，可采用局部放大图表达。

局部放大图可以画成视图、剖视图、断面图的形式。

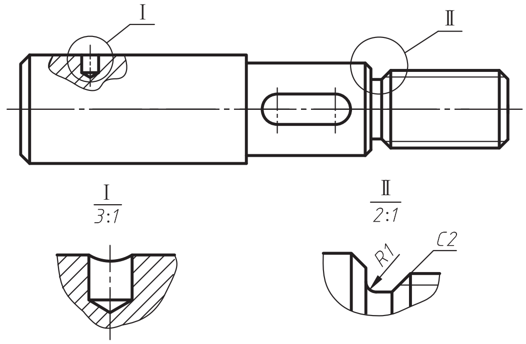


图 6-21 局部放大图画法与标注

6.4.2 局部放大图的画法

画局部放大图时，在基本视图上把所要放大的部位用细实线圆圈出，并尽量把局部放大图配置在被放大部位附近。

当视图中有两处以上需要放大的部位时，要用罗马数字依次标明放大部位序号，并在局部放大图的上方用分数形式注出相应的罗马数字和所采用的比例（罗马数字在横线之上，放大比例在横线之下），如图 6-21 中Ⅰ、Ⅱ处局部放大图所示。

6.5 简化画法

为了提高制图效率和图样的清晰性，国家标准《机械制图》规定了一些简化画法，现将其中较常见的简化画法介绍如下：

1）对于机件上的肋、轮辐和薄壁等结构，当剖切面沿纵向剖切时，这些结构在视图中不画剖面线，而用粗实线将其与邻接部分区分开。当剖切面沿横向剖切时，这些结构在剖切范围仍需画上剖面线，如图 6-22 所示。

2）当机件的回转体上有均匀分布的肋、孔等结构不处于剖切面上时，可假想将这些结构旋转到剖切面的位置上画出，如图 6-23 所示。

3）当机件上具有重复结构（如轮齿、槽等）并按一定规律分布时，只需画出几个完整结构，其余用细实线连接，如图 6-24 所示。

4）当机件上具有若干直径相同且成规律分布的孔（如圆孔、沉孔、螺孔等），可以仅画出一个或几个，其余只需用细点画线或小黑圆点表示其中心线，并在图上注明孔的数量和尺寸，如图 6-25 所示。

5）较长的机件（如轴、杆、型材等）沿长度方向的形状一致或按一定规律变化时，可假想把中间部分断开拿走，采用缩短画法（但标注的尺寸必须为机件的真实尺寸），如图 6-26所示。

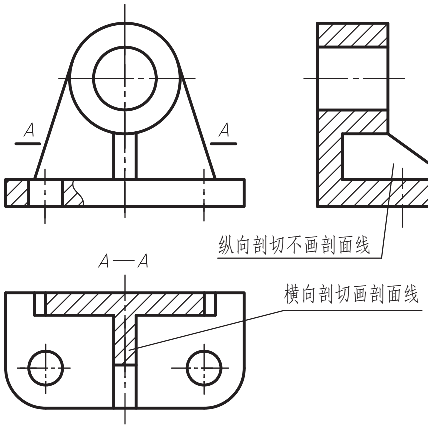


图 6-22　剖切机件肋的简化画法

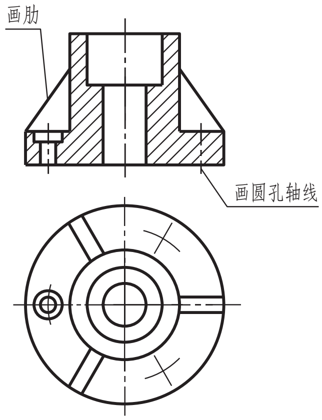
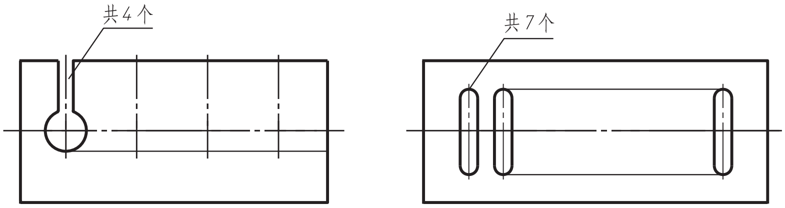
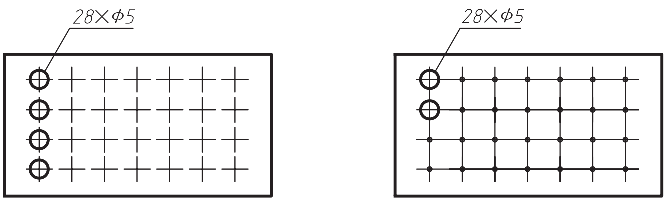


图 6-23　机件上均布孔和肋的简化画法



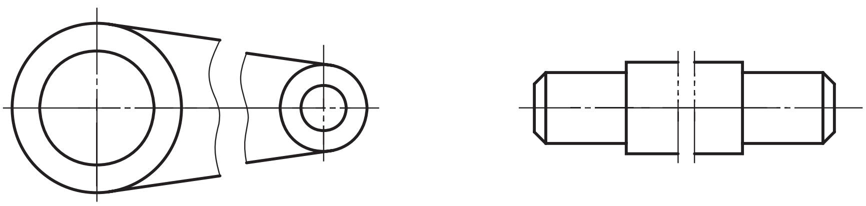
a)　　b)

图 6-24　重复结构的简化画法

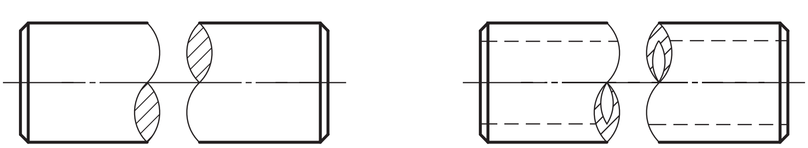


a)　　b)

图 6-25　多个等径孔的简化画法



a) 用波浪线的折断画法　　a) 用双点画线的折断画法



c) 圆柱的折断画法　　d) 圆柱管的折断画法

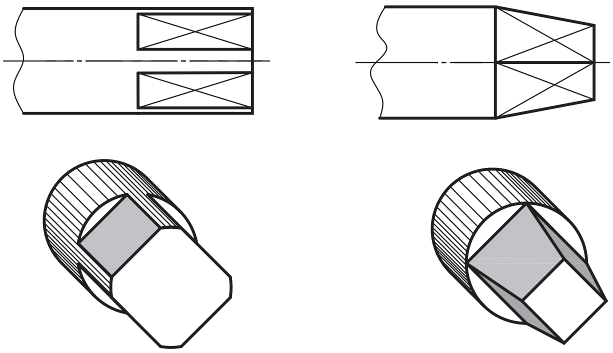
图 6-26　长机件的缩短画法

6）当回转体机件上的平面不能充分表达时，可用平面符号（两条相交细实线）表示，如图 6-27 所示。

7）为节省绘图时间和图幅，对称机件的图形可只画一半或四分之一，并在图形对称中心线的两端分别画两条与其垂直的平行细实线（细短画线），这种画法也称为局部视图画法，如图 6-28 所示。

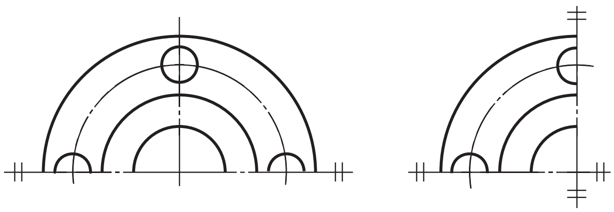
8）在不致引起误解时，图形中的过渡线可按图 6-29a 所示的图形画出。细小圆孔的相贯线可按图 6-29b 所示的图形画出。

9）在不致引起误解时，移出断面图允许省略剖面线，如图 6-30 所示。



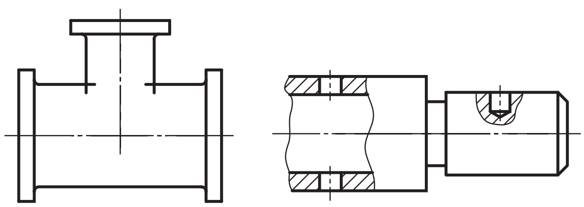
a)　　　　b)

图 6-27　用平面符号表示平面



a)　　　　b)

图 6-28　对称图形的简化画法



a) 模糊画法　　　　b) 用直线代替

图 6-29　过渡线和相贯线的简化画法

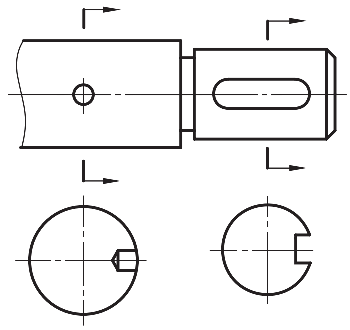


图 6-30　移出断面图剖面线的省略画法

本 章 小 结

主要内容和重点：

本章介绍国家标准图样画法中所规定的机件表达方法，主要有视图、剖视图、断面图、局部放大图和简化画法等常用的表达方法及其画法规则，重点是剖视图画法。

学习要求：

机件表达方法是机械工程图样的基本表示法，是图样画法的核心内容，熟练掌握并正确运用各种表示法是绘制和识读机械图样的重要基础。学习本章要了解和掌握以下知识要点。

1）视图是用来表达机件外部形状结构的方法，要了解视图的类型，掌握各种视图的画法、标注及应用。

2）剖视图是专门表达机件内部形状结构的方法，要了解剖视的概念、剖视图的种类、剖切面的分类，掌握单一剖切面、几个互相平行的剖切面、几个相交剖切面的剖切方法及全剖视图、半剖视图、局部剖视图的画法、标注和应用。

3）断面图是表达机件断面形状的方法，要了解断面图的概念及其应用，掌握断面图的画法和标注。

4）了解局部放大图的概念，掌握局部放大图的画法和标注。

5）熟悉机件的各种简化画法与规定画法，并且正确应用。

第 7 章

标准件和常用件

在机器或部件的装配和安装过程中，会广泛使用螺纹紧固件或其他连接件进行紧固和连接。同时，在机械的传动、支承、减振等方面，也会广泛使用齿轮、轴承、弹簧等零件，这些被大量使用的零件，国家标准对它们的结构、尺寸、标记和画法均做了统一的规定。我们把全部结构都已标准化了的零件称为标准件，如螺栓、双头螺柱、螺钉、螺母、垫圈、键、销和滚动轴承等。部分结构已经标准化的零件称为常用件，如齿轮等。

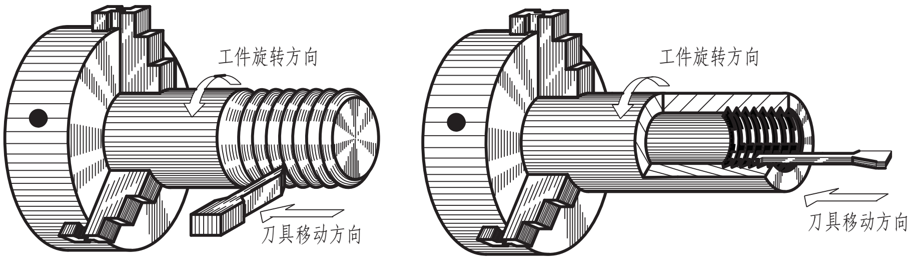
对于这些零件的形状和结构的表达，国家标准规定了标准件和常用件的画法、代号和标记，用规定表示法进行简化绘制。

7.1 螺纹

7.1.1 螺纹的形成及分类

1. 螺纹的形成

螺纹是在圆柱或圆锥表面上，沿着螺旋线所形成的具有规定牙型的连续凸起。在圆柱或圆锥外表面上所形成的螺纹称为外螺纹，用 d 表示；在圆柱或圆锥内表面上所形成的螺纹称为内螺纹，用 D 表示。螺纹常见的加工方法有两种，一种是车削加工（图 7-1），另一种是丝锥攻螺纹加工，如图 7-2 所示。



a) 外螺纹的加工　　b) 内螺纹的加工

图 7-1　车削螺纹加工方法

2. 螺纹的分类

螺纹分类有两种：

按标准分类：
- 标准螺纹　牙型、大径、螺距等结构要素都符合国家标准的螺纹。
- 非标准螺纹　牙型不符合国家标准的螺纹。

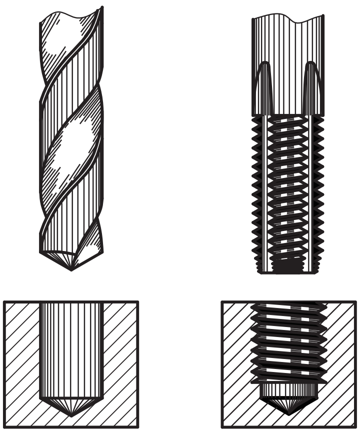
按作用分类：
- 连接螺纹　起连接或紧固作用的螺纹，如普通螺纹、管螺纹。
- 传动螺纹　起传递动力作用的螺纹，如梯形螺纹、锯齿形螺纹、矩形螺纹。

7.1.2　螺纹结构要素

螺纹的结构和尺寸是由牙型、直径、螺距和导程、线数、旋向等要素确定的。

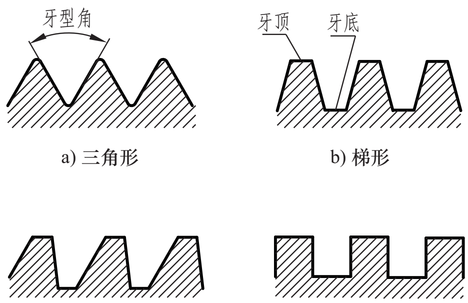
1. 螺纹牙型

在通过螺纹轴线的断面上，螺纹的轮廓形状称为牙型。常见的螺纹牙型有三角形、梯形、锯齿形和矩形，其中矩形牙型是非标准牙型，如图 7-3 所示。不同的螺纹牙型具有不同的用途。



a) 钻孔　b) 攻螺纹

图 7-2　用丝锥加工内螺纹方法

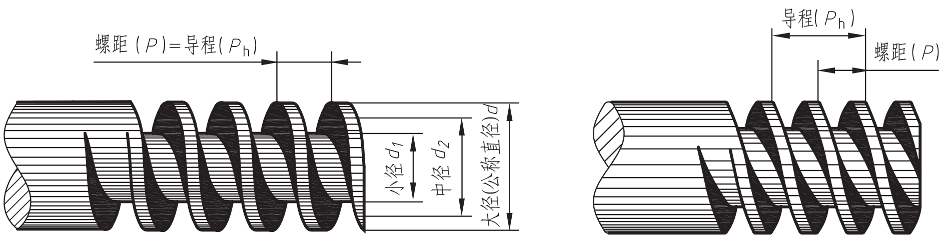


a) 三角形　b) 梯形　c) 锯齿形　d) 矩形

图 7-3　螺纹牙型的种类

2. 螺纹直径

螺纹直径由大径、中径和小径组成，如图 7-4 所示。



a) 单线螺纹　b) 双线螺纹

图 7-4　螺纹的直径、螺距、导程和线数

（1）大径　与外螺纹牙顶或内螺纹牙底相切的假想圆柱或圆锥的直径称为大径。外螺

纹大径用 d 表示，内螺纹大径用 D 表示。

（2）小径　与外螺纹牙底或内螺纹牙顶相切的假想圆柱或圆锥的直径称为小径。外螺纹小径用 d_1 表示，内螺纹小径用 D_1 表示。

外螺纹的大径 d 和内螺纹的小径 D_1 又称顶径，外螺纹的小径 d_1 与内螺纹的大径 D 又称底径。

（3）中径　是一个假想的直径，该直径在通过牙型上沟槽和凸起宽度相等的地方，此假想的直径称为中径。外螺纹中径用 d_2 表示，内螺纹中径用 D_2 表示。

（4）公称直径　设计时选定的理论直径，一般指的是大径。

3. 螺纹线数（n）

螺纹线数有单线和多线之分，沿一条螺旋线形成的螺纹称为单线螺纹；沿两条或两条以上螺旋线所形成的螺纹称为多线螺纹，如图 7-4 所示。

4. 螺距（P）与导程（P_h）

相邻两牙在中径线上对应两点的轴向距离称为螺距，用 P 表示。同一条螺旋线上的相邻两牙在中径线上对应两点间的轴向距离称为导程，用 P_h 表示。当为单线螺纹时，导程与螺距相等，即 $P=P_h$。当为多线螺纹时，导程等于线数乘螺距，即 $P_h=nP$，如图 7-4 所示。

5. 旋向

螺纹旋向分为右旋和左旋两种。沿顺时针方向旋入的螺纹称为右旋螺纹，沿逆时针方向旋入的螺纹称为左旋螺纹，用 LH 表示，工程上常用右旋螺纹，在标记中省略不注。螺纹旋向也可按图 7-5 所示的方法来判断。

内外螺纹旋合在一起，牙型、直径、螺距（或导程）、线数和旋向一定要相同。沿螺纹轴线方向相互能旋合的长度，称为螺纹旋合长度，简称螺纹长度，用 l 表示。

为了便于设计计算和加工制造，国家标准对螺纹的牙型、直径和螺距均做了统一规定。

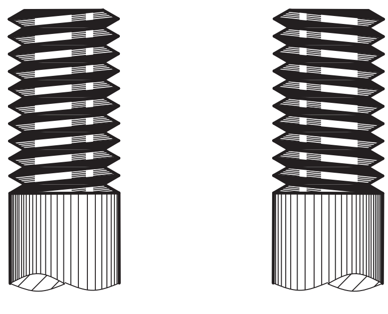


图 7-5　螺纹旋向的判别

7.1.3　螺纹规定画法

为了简化制图工作，GB/T 4459.1—1995 对螺纹和螺纹紧固件的画法均做了规定。

1. 外螺纹规定画法

在平行于螺纹轴线的视图或剖视图上，螺纹大径 d 用粗实线表示，螺纹小径 d_1（0.85d）用细实线表示。螺纹端面倒角为 0.15$d\times C$，螺纹终止线画成粗实线。在垂直于螺纹轴线的视图（圆形视图）中，螺纹小径用细实线圆表示，只画 3/4 圈（空出的 1/4 圈圆弧的位置一般在圆的左下角），端面倒角圆省略不画。

外螺纹画成剖视图时，螺纹终止线只在公称大径和小径之间画一小段粗实线，剖面线应画到粗实线处，如图 7-6 所示。

2. 内螺纹规定画法

在剖视图中，螺纹小径 D_1 应画成粗实线，螺纹大径 D 应画成细实线，螺纹终止线画成粗实线，剖面线画到粗实线为止。在垂直于螺纹轴线的视图上（圆形视图），表示大径 D 用

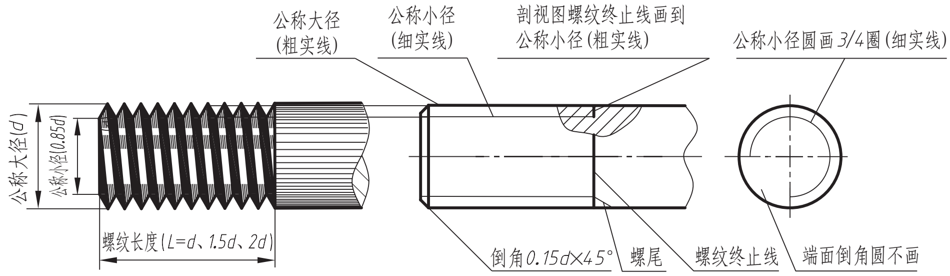


图 7-6　外螺纹的规定画法

细实线圆，也只画 3/4 圈，端面倒角圆也省略不画，如图 7-7 所示。

在不可见的螺纹中，所有结构的图线均按虚线画出。

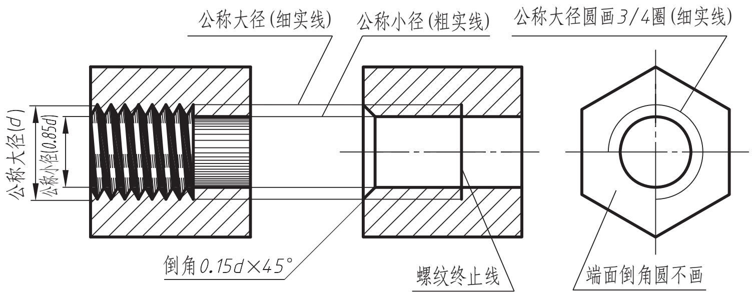


图 7-7　内螺纹的规定画法

画不通孔螺纹时，应将钻孔深度和螺纹长度分别画出。钻孔深度应比螺孔深度大（0. 3~0. 5）d，钻孔底部的锥角应画成 120°，如图 7-8 所示。

3. 内外螺纹连接规定画法

在内外螺纹连接画法中，轴向视图要采用剖视图画法（规定内螺纹画剖视图，外螺纹只画外形）。内外螺纹旋合在一起的部分按外螺纹画法表示，未旋合部分按各自画法表示。

画图时必须注意：内外螺纹连接画法时，因其结构要素和尺寸相同，内、外螺纹的大径、小径线必须对齐，与螺纹倒角值无关，如图 7-9 所示。

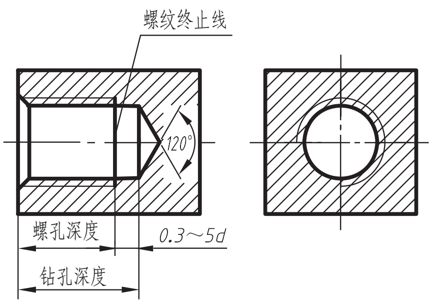
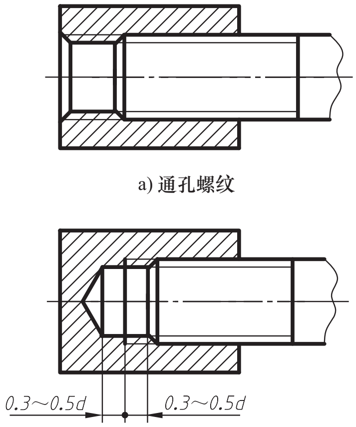


图 7-8　不通孔螺纹的规定画法



a) 通孔螺纹

b) 不通孔螺纹

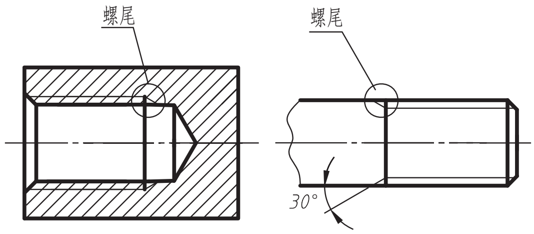
图 7-9　内外螺纹连接的规定画法

4. 其他规定画法

（1）螺尾画法　螺纹螺尾（螺纹的收尾部分）一般不画出。当需要表示螺尾时，该部分的牙底用与轴线成 30°的细实线画出，如图 7-10 所示。螺纹旋合长度（简称螺纹长度）不包含螺尾，即螺纹长度只计算到螺纹终止线处。

（2）螺纹牙型的画法　螺纹牙型一般不在视图中表示，当需要表示或表示非标准螺纹牙型时，可按图 7-11 所示的画法或采用局部放大图表示。

（3）螺孔相贯线画法　如图 7-12 所示。

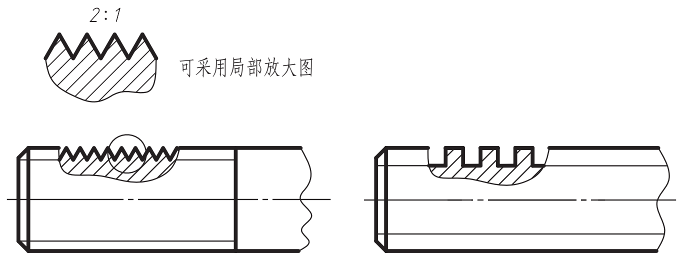


a)　　b)

图 7-10　螺尾的画法

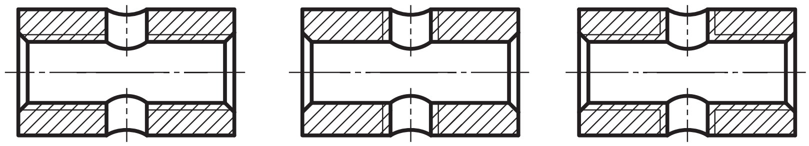
7.1.4　螺纹规定标记

螺纹按规定画法画出后，应注出相应标准中所规定的螺纹标记，表明牙型、公称直径、螺距、线数和旋向等要素。



a)　　b)

图 7-11　螺纹牙型的画法



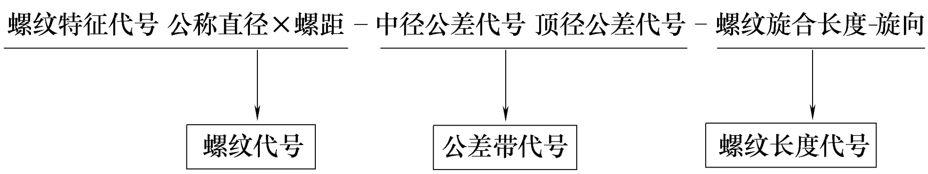
a)　　b)　　c)

图 7-12　螺孔相贯线的画法

1. 普通螺纹的标记

普通螺纹的标记是由螺纹代号、公差带代号和螺纹长度代号组成。

规定标记格式如下：



普通螺纹特征代号用“M”表示，公称直径指螺纹大径，粗牙螺纹不标注螺距，左旋螺纹用“LH”表示，右旋螺纹不标注旋向。公差代号由公差等级和基本偏差代号组成，小写

字母代表外螺纹，大写字母代表内螺纹。若中径、顶径公差代号相同，只标注一组。螺纹长度分为短（S）、中等（N）、长（L）三种，中等螺纹长度（N）省略不注。

例如：M20-5g6g。

表示：普通粗牙外螺纹，公称直径为 20mm，右旋，中径公差代号为 5g，顶径公差代号为 6g，中等螺纹旋合长度。

例如：M10×1-6H-S-LH。

表示：普通细牙内螺纹，公称直径为 10mm，螺距为 1mm，左旋，中径和顶径公差代号都为 6H，短螺纹旋合长度。

2. 管螺纹的标记

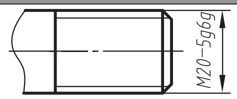
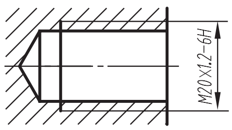
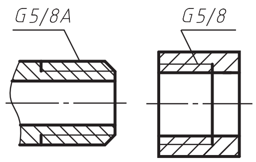
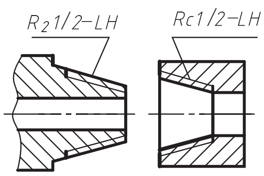
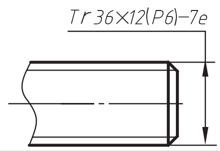
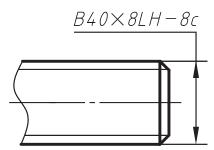
由于管螺纹按性能分为非密封管螺纹和密封管螺纹两种，故标记有所区别。

（1）55°非密封管螺纹标记格式

螺纹特征代号　尺寸代号　公差等级代号-旋向代号

55°非密封管螺纹特征代号用“G”表示，尺寸代号用整数或分数，如 1/2、3/4、1、11/8…表示，单位为英寸。公差等级代号：对外螺纹分 A、B 两级，对内螺纹则不需标记。左旋螺纹加注“LH”，右旋螺纹省略不注，标记格式见表 7-1。

表 7-1　常用螺纹的种类、标记及说明

螺纹种类		代号	标注示例	说　明
连接螺纹	粗牙普通螺纹	M		粗牙普通螺纹，公称直径 20mm，中径公差带 5g，大径公差带 6g，中等旋合长度，右旋
	细牙普通螺纹			细牙普通螺纹，公称直径 20mm，螺距 1.2mm，中径与顶径公差带都是 6H，中等旋合长度，右旋
	55°非密封管螺纹	G		55°非密封管螺纹，尺寸代号 5/8，公差等级为 A 级，右旋
	55°密封管螺纹	R2 Rc		55°密封管螺纹，尺寸代号 1/2，左旋 Rc 为圆锥内螺纹 R2 为与圆锥内螺纹相配合的圆锥外螺纹
传动螺纹	梯形螺纹	Tr		梯形螺纹，公称直径 36mm，双线，导程 12mm，螺距 6mm，右旋，中径公差带 7e，中等旋合长度
	锯齿形螺纹	B		锯齿形螺纹，公称直径 40mm，单线，螺距 8mm，左旋，中径公差带 8c，中等旋合长度

例如：G1/2A。

表示：55°非密封管螺纹，尺寸代号为 1/2 英寸，公差等级为 A 级，右旋外螺纹。

（2）55°密封管螺纹标记格式　55°密封管螺纹又分为圆锥外螺纹（R），圆锥内螺纹（Rc）和圆柱内螺纹（RP）三种。

螺纹特征代号　尺寸代号　旋向代号

例如：$R_1$1/2。

表示：55°密封管螺纹，尺寸代号为 1/2 英寸，右旋圆锥外螺纹。

55°密封管螺纹的标记格式见表 7-1。应注意的是，管螺纹尺寸代号并非指的是螺纹的公称直径，而是指管道的孔径，具体管螺纹的大径、小径和中径应查表来确定。

3. 梯形螺纹和锯齿形螺纹的标记

螺纹特征代号　公称直径×导程（螺距）旋向 – 中径差带代号 – 螺纹旋合长度

螺纹代号　　公差带代号　　螺纹长度代号

梯形螺纹（Tr）和锯齿形螺纹（B）的标记相同。

公称直径指的是螺纹基本直径，单线螺纹不注导程，左旋用“LH”表示，右旋省略不注。

例如：Tr36×6−7e。

表示：梯形螺纹，公称直径为 36mm，螺距为 6mm，单线右旋，中径公差带代号为 7e，中等螺纹旋合长度。

例如：B40×12（4）LH−7H−L。

表示：锯齿形螺纹，公称直径为 40mm，导程为 12mm，螺距为 4mm，三线、左旋，中径公差带代号为 7H，长螺纹旋合长度。

4. 螺纹在图样上的标注

公称直径为毫米的螺纹，如普通螺纹、梯形螺纹、锯齿形螺纹，其标记以尺寸标注的形式标注在螺纹的公称直径上。以英寸为单位，如管螺纹的标记从螺纹大径处画一指引线，标注在指引线的水平折线上。常用螺纹的种类、标记及说明见表 7-1。

7.2　螺纹紧固件

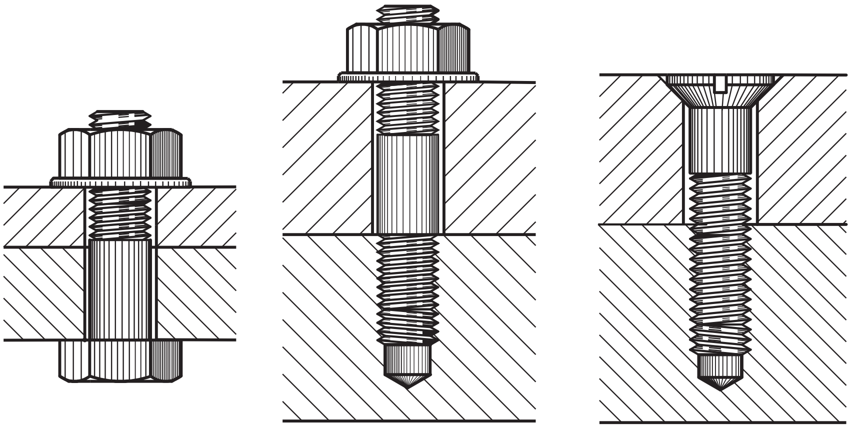
7.2.1　螺纹紧固件的连接形式

螺纹紧固件是机械工程中最广泛的连接方式之一。常见的螺纹紧固件的连接形式有：螺栓连接、双头螺柱连接、螺钉连接，如图 7-13 所示。

7.2.2　螺纹紧固件的连接画法

1. 螺栓连接

（1）螺栓连接件　螺栓是用来连接两个或两个以上不太厚并能钻成通孔的零件，螺栓连接



a) 螺栓连接　　b) 双头螺柱连接　　c) 螺钉连接

图 7-13　螺纹紧固件的连接形式

由六角头螺栓、六角螺母和垫圈组成，如图 7-14a 所示。螺纹紧固件及其标记示例见表 7-2。

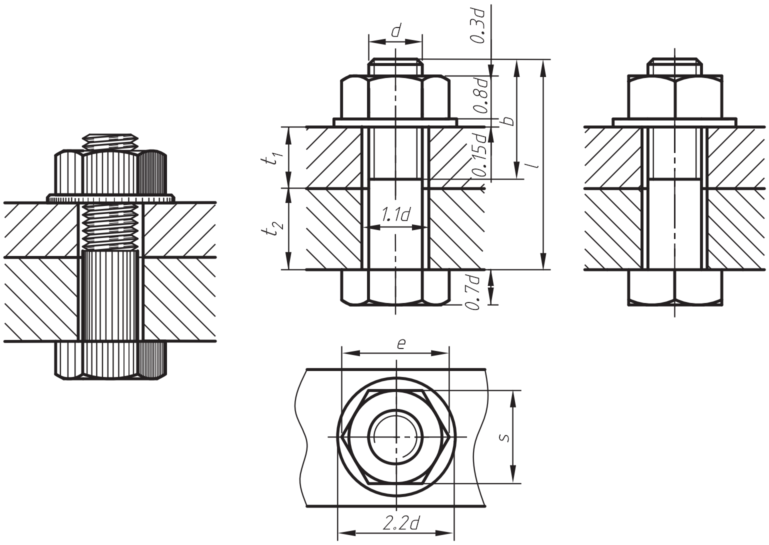
在螺纹紧固件的装配图画法中，应遵守下列规定：

1）两零件的接触表面只画一条轮廓线，凡不接触的相邻表面或相邻表面公称尺寸不同，不论其间隙大小，需画出两条轮廓线。

2）在装配图中，当剖切平面通过螺杆的轴线时，对于螺栓、双头螺柱、螺母及垫圈等均按未剖切绘制；弹簧垫圈的斜槽可用与螺杆轴线成 30° 角的两条平行线表示，倒角和螺孔的钻孔深度等工艺结构基本按实情表示。

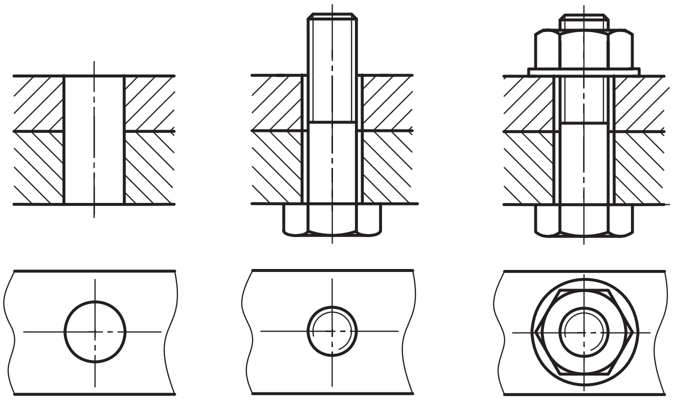
3）在剖视图、断面图中，相邻零件的剖面线，应画成方向不同或方向相同而间隔不同。同一零件在各个剖视图、断面图中，其剖面线方向和间隔应相同。

（2）螺栓连接画法　螺纹连接件的画法，可根据公称直径查附表 4、附表 6、附表 8 得

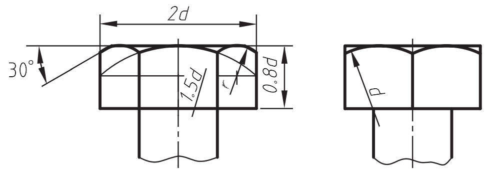


a) 螺栓连接各部分尺寸关系

图 7-14　螺栓连接画法



b) 螺栓连接画法步骤



c) 螺栓头交线的画法

图 7-14　螺栓连接画法（续）

出各部分的尺寸。为适应连接不同厚度的零件，螺栓有各种长度规格。螺栓的公称长度 l 可按下式计算

$$l=t_1+t_2+h+m+a$$

式中　t_1、t_2——被连接件的厚度；

h——螺母厚度（0.8d）；

a——螺栓伸出螺母的长度，（0.2~0.3）d；

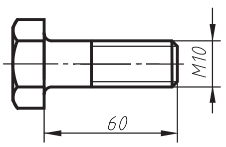
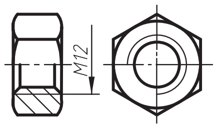
m——垫圈厚度（0.15d）。

根据上式计算出的螺栓长度，还需从相应的螺栓公称长度中选取与它相近的标准值。螺纹连接画法如图 7-14b 所示，螺栓头交线的画法如图 7-14c 所示。

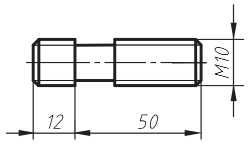
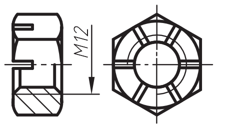
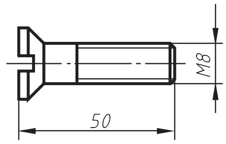
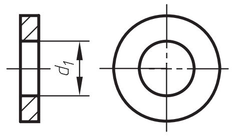
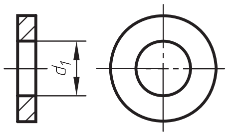
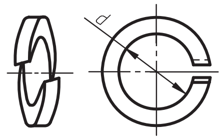
2. 双头螺柱连接

（1）双头螺柱连接件　双头螺柱是用来连接比较厚且不宜于制作通孔的零件，由双头螺柱、螺母和垫圈组成，如图 7-15a 所示。

表 7-2　螺纹紧固件及其标记示例

名称	图　　例	标记及说明	名称	图　　例	标记及说明
六角头螺栓		螺栓　GB/T 5782　M10×60 六角头螺栓，螺纹规格 10mm，公称长度 60mm	1型六角螺母		螺 母　GB/T　6170　M12 A 级 1 型六角螺母，螺纹规格 12mm

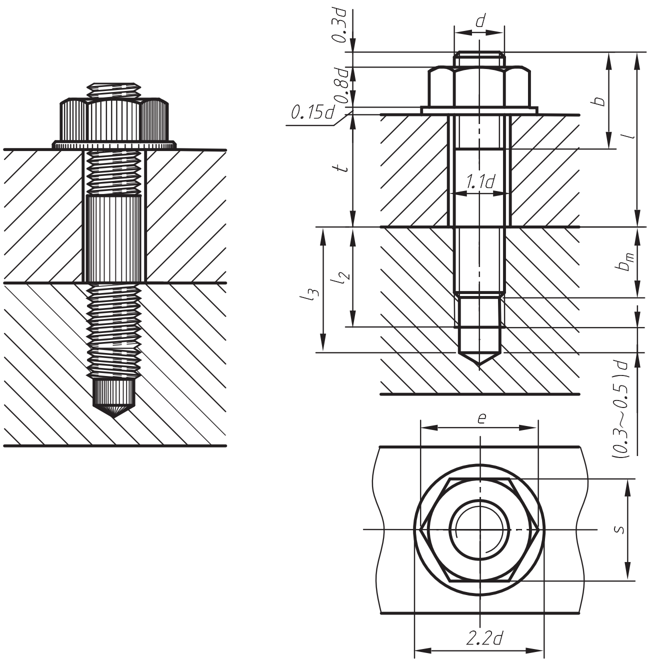
（续）

名称	图　例	标记及说明	名称	图　例	标记及说明
双头螺柱		螺柱　GB/T 897　M10×50 双头螺柱，螺纹规格10mm，公称长度 50mm	六角开槽螺母		螺 母　GB/T　6178　M12 A 级 1 型六角开槽螺母，螺纹规格 12mm
开槽沉头螺钉		螺钉 GB/T 68　M8×50 开槽沉头螺钉，螺纹规格 8mm，公称长度 50mm	平垫圈		垫圈　GB/T 97. 1　12 A 级平垫圈，公称规格 12mm
开槽圆柱头螺钉		螺钉 GB/T 65　M8×50 开槽圆柱头螺钉，螺纹规格 8mm，公称长度 50mm	弹簧垫圈		垫圈　GB/T 93　20 标准型弹簧垫圈，公称规格 20mm

双头螺柱两端都有螺纹，螺纹较长的一端称为紧固端，短的一端称为旋入端。双头螺柱的公称长度（不包括旋入端）l 按下式计算

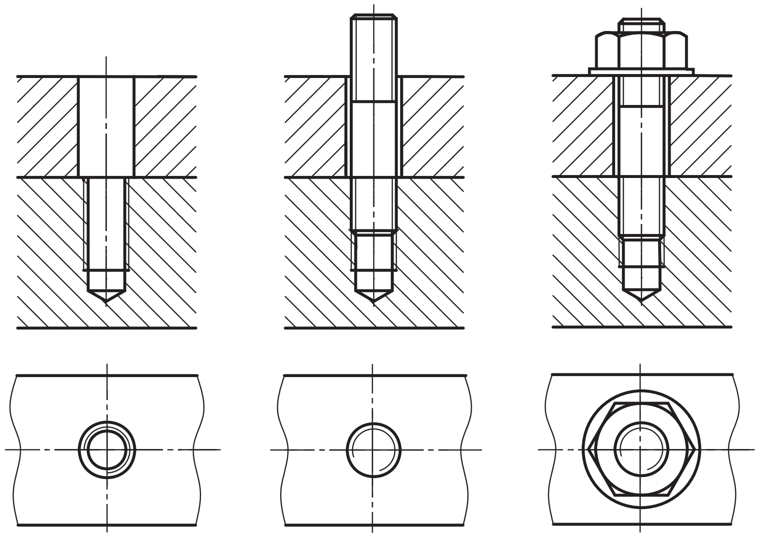
$$l=t+h+m+a$$

（2）双头螺柱连接画法　双头螺柱连接画法步骤如图 7-15b 所示。



a) 双头螺柱连接及各部分尺寸

图 7-15　双头螺柱连接画法



b) 双头螺柱连接画法步骤

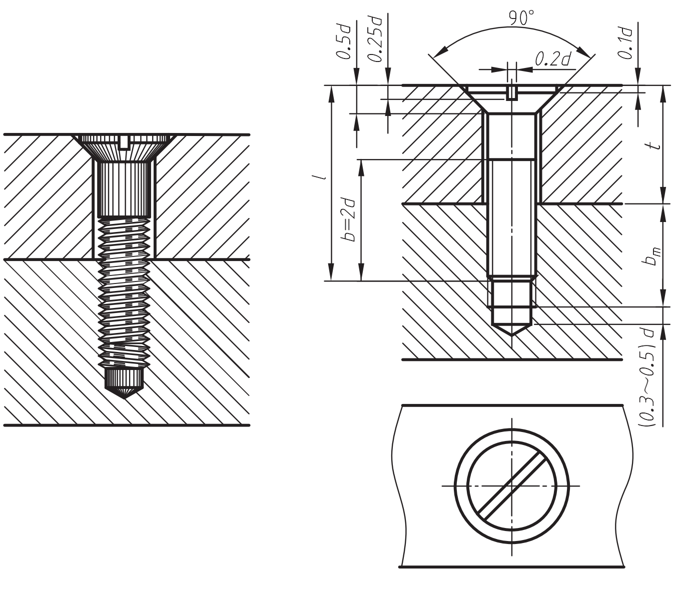
图 7-15　双头螺柱连接画法（续）

3. 螺钉连接

螺钉按用途可分为连接螺钉和紧定螺钉两类。连接螺钉适用于连接不经常拆卸，且受力不大的零件。紧定螺钉主要用来固定两个零件的相对位置，使它们不产生相对运动。

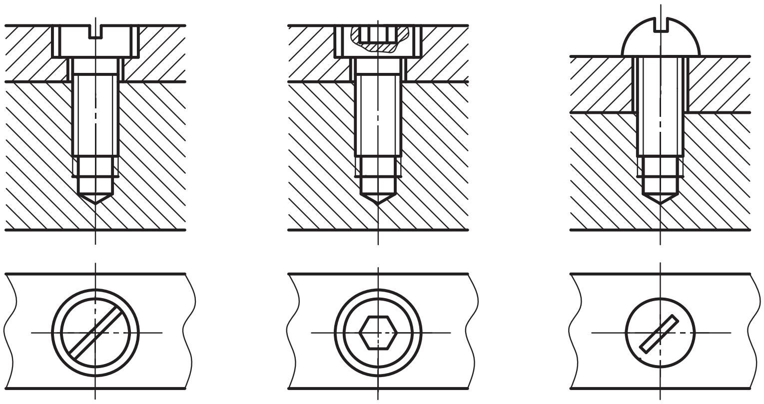
采用螺钉连接时，较厚件加工出螺孔，较薄件加工成通孔，直接将螺钉穿过通孔拧入螺孔中。螺钉连接画法如图 7-16 所示。螺钉的公称长度，可按板厚和零件材料并根据标准值选取。

画螺钉连接要注意螺钉头部旋槽的画法，在俯视图中要画成 45°的倾斜线。



a) 开槽沉头螺钉连接及各部分尺寸

图 7-16　螺钉连接画法



b) 开槽圆柱头螺钉连接　　c) 内六角圆柱头螺钉连接　　d) 开槽盘头螺钉连接

图 7-16　螺钉连接画法（续）

7.3　齿轮

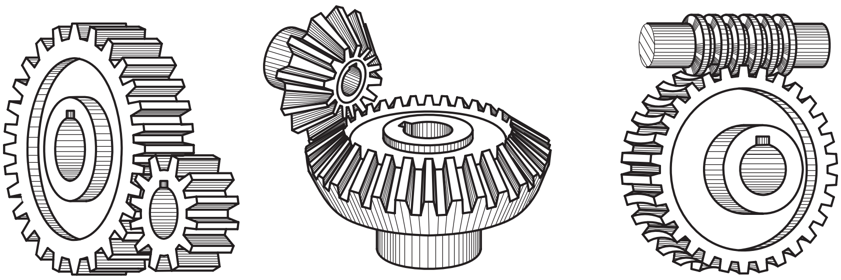
7.3.1　齿轮及其传动形式

齿轮是常用件，是机器或部件中的传动零件，其作用是传递动力，改变转速和改变旋转方向。齿轮的部分结构已经标准化，按两轴的相对位置不同，可分为三种传动形式：

1）圆柱齿轮——用于平行两轴之间的传动，如图 7-17a 所示。

2）锥齿轮——用于相交两轴之间的传动，如图 7-17b 所示。

3）蜗杆蜗轮——用于交叉两轴之间的传动，如图 7-17c 所示。



a) 圆柱齿轮传动　　b) 锥齿轮传动　　c) 蜗杆蜗轮传动

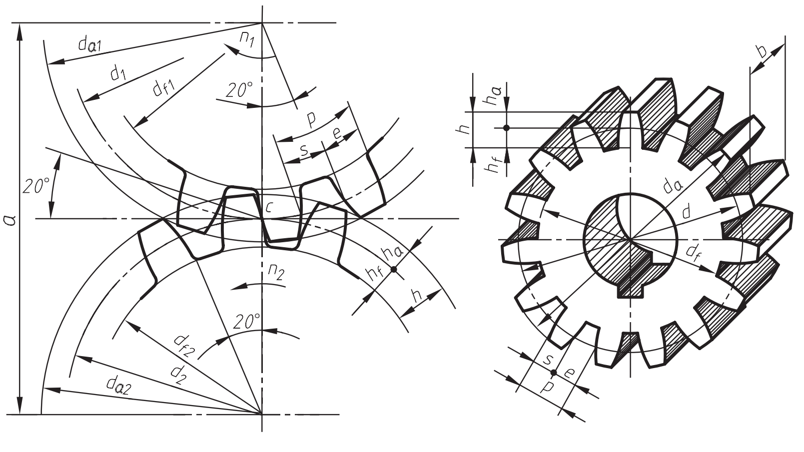
图 7-17　齿轮的传动形式

7.3.2　圆柱齿轮及其规定画法

圆柱齿轮适用于平行两轴的传动，其主要结构由轮齿、轮盘、幅板（或幅条）、轮毂、轴孔等组成，轮齿有直齿、斜齿和人字齿三种。GB/T 4459. 2—2003 对圆柱齿轮做了规定表示法。

1. 直齿圆柱齿轮结构名称与代号

直齿圆柱齿轮轮齿部分结构名称与代号如图 7-18 所示。



a) b)

图 7-18 直齿圆柱齿轮轮齿部分结构名称与代号

1）齿顶圆（d_a）——通过齿轮轮齿顶部的圆。

2）齿根圆（d_f）——通过齿轮轮齿根部的圆。

3）分度圆（d）——标准齿轮的齿厚和齿间距相等时所在位置的圆。

4）齿顶高（h_a）——齿顶圆到分度圆之间的径向距离。

5）齿根高（h_f）——齿根到分度圆之间的径向距离。

6）齿高（h）——齿顶圆到齿根圆之间的径向距离。

7）齿距（p）——在分度圆周上，相邻两齿对应两点之间的弧长。当齿轮齿数为 z 时，分度圆周长为 pz。

8）模数（m）——齿距 p 和 π 的比值称为模数，单位为 mm。模数与其他结构的关系为

$$pz=\pi d$$

$$d=pz/\pi$$

$$\frac{p}{\pi}=m$$

$$d=mz$$

模数是齿轮的基本参数，为了便于设计制造，模数已经标准化，直齿圆柱齿轮标准模数见表 7-3。

表 7-3 直齿圆柱齿轮的标准模数 （单位：mm）

第一系列	1, 1. 25, 1. 5, 2, 2. 5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50
第二系列	1. 125, 1. 375, 1. 75, 2. 25, 2. 75, 3. 5, 4. 5, 5. 5, 7, 9, 11, 14, 18, 22, 28, 36, 45

注：优先选用第一系列。

9）压力角（α）——两啮合齿轮齿廓在接触点 c 处的公法线（力的传递方向）与两分度圆公切线的夹角，称为压力角，如图 7-18 所示。我国标准齿轮的压力角为 20°。

10）齿宽（b）——沿齿轮轴线方向量得的轮齿宽度。

11）中心距（a）——两啮合齿轮轴线之间的距离。

2. 直齿圆柱齿轮轮齿的尺寸关系

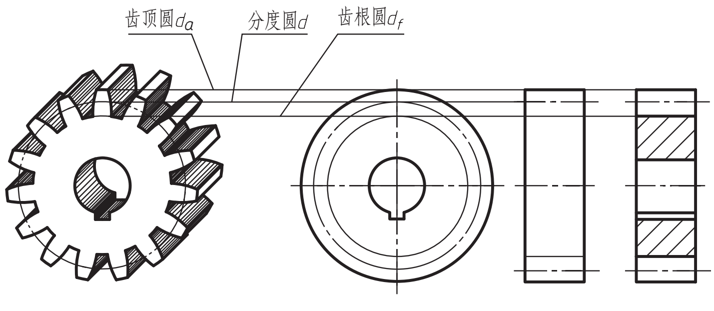
设计齿轮时，先要确定模数 m 和齿数 z，其他各部分尺寸均可由模数和齿数按照公式进行计算，直齿圆柱齿轮轮齿部分结构尺寸公式见表 7-4。

表 7-4　直齿圆柱齿轮轮齿部分结构尺寸公式

基本参数:模数 m,齿数 z		
名称	代号	尺寸公式
齿顶高	h_a	$h_a=m$
齿根高	h_f	$h_f=1.25m$
齿　高	h	$h=h_a+h_f=2.25m$
分度圆直径	d	$d=mz$
齿顶圆直径	d_a	$d_a=d+2h_a=m(z+2)$
齿根圆直径	d_f	$d_f=d-2h_f=m(z-2.5)$
齿　距	p	$p=\pi m$
齿　厚	s	$s=p/2$
中心距	a	$a=(d_1+d_2)/2=m(z_1+z_2)/2$

3. 直齿圆柱齿轮的规定画法

（1）单个直齿圆柱齿轮的规定画法　齿顶圆和齿顶线用粗实线绘制；分度圆和分度线用细点画线绘制；齿根圆和齿根线用细实线绘制，也可省略不画。剖视图中的齿根线用粗实线绘制。在剖视图中剖切平面通过齿轮的轴线剖切到轮齿时，轮齿按不剖处理，如图 7-19 所示。



a)　　b)

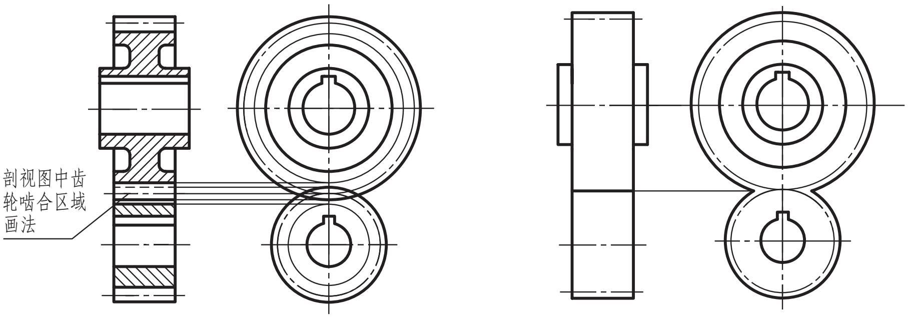
图 7-19　单个圆柱齿轮的规定画法

（2）啮合齿轮的规定画法　两齿轮啮合时的画法，要注意的是啮合区内的图线关系。两直齿圆柱齿轮啮合时，两齿轮分度圆（此时又称节圆）相切，因此圆形视图上两齿轮分度圆相切（细点画线相切），两齿轮的齿顶圆均画成完整的粗实线（在啮合区内两齿顶圆可省略不画），如图 7-20a 所示。

在剖视图中的啮合区内，将主动齿轮的齿顶线和齿根线用粗实线绘制，将从动齿轮的齿顶线画成虚线，齿根线画成粗实线，如图 7-20a 所示。

若不作剖视只画视图时，在啮合区内两齿轮的齿顶线不需画出，将分度线画成粗实线，

如图 7-20b 所示。



a) 剖视图及啮合区域画法　　　　b) 视图画法

图 7-20　啮合齿轮的规定画法

7.4　键和销连接

7.4.1　键连接

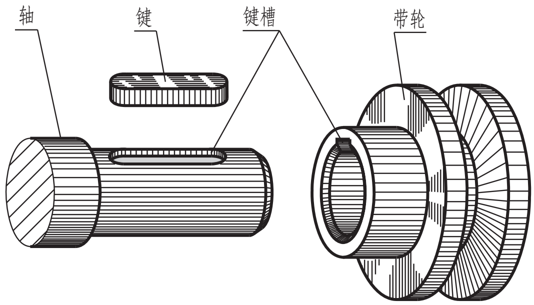


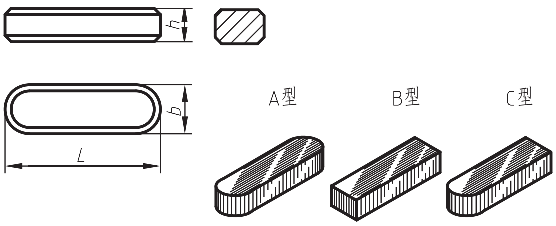
图 7-21　键的连接形式

键是用来连接轴和轴上的传动件（如齿轮、带轮等），起传递转矩的作用。键的结构尺寸均已标准化，其形式和尺寸可在附录中查得。键的连接形式如图 7-21 所示。

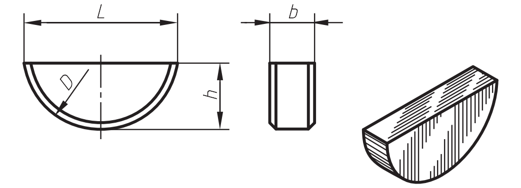
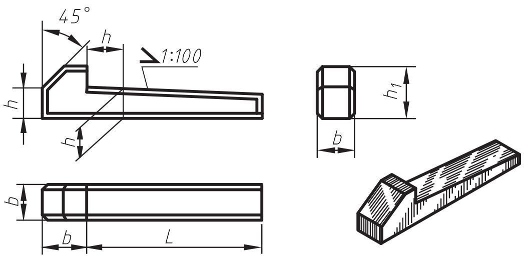
1. 键的类型和标记

键的类型较多，常见的有普通型平键、普通型半圆键和钩头型楔键。普通型平键应用最广，按键的外形不同分为普通 A 型平键、普通 B 型平键、普通 C 型平键三种。常用键的类型与标记见表 7-5。

表 7-5　常用键的类型与标记

名称	图　　例	标记示例
普通型平键		普通 A 型平键 $b = 16$mm, $h = 10$mm, $L = 100$mm 标记 GB/T 1096　键　16×10×100

（续）

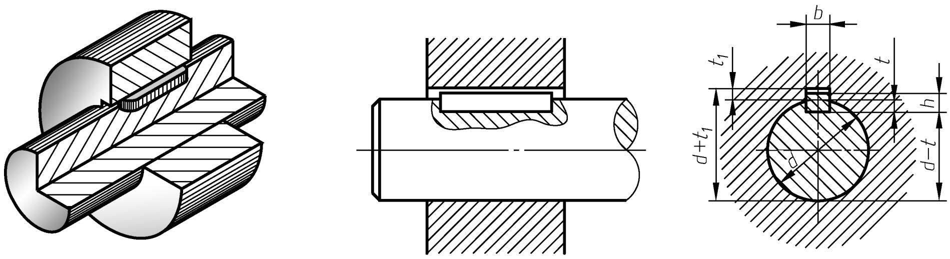
名称	图　　例	标记示例
普通型半圆键		普通型半圆键 $b=6\text{mm}, h=10\text{mm}, D=25\text{mm}$ 标记 GB/T 1099.1　键　6×10×25
钩头型楔键		钩头型楔键 $b=16\text{mm}, h=10\text{mm}, L=100\text{mm}$ 标记 GB/T 1565　键　16×10×10

2. 键连接的画法

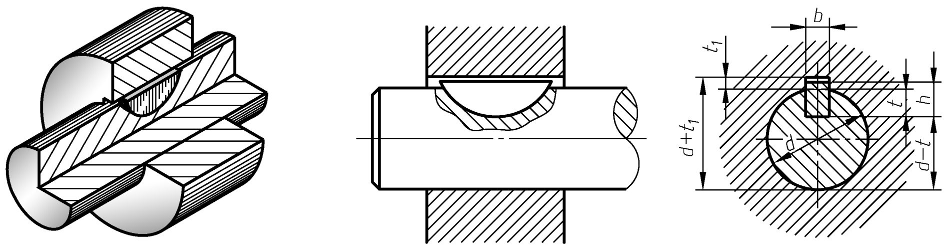
（1）普通型平键和普通型半圆键连接画法　普通型平键和普通型半圆键连接中，在轴及轮毂孔上加工出键槽，然后将键嵌入槽内，即可实现轴和轮盘的连接。

普通型平键和普通型半圆键的工作面是两侧面，在画它们的连接图时，两侧面与轮槽和轴槽侧面因紧密接触只画一条粗实线，但键的顶面与轮的槽顶没有接触，应留出间隙（因间隙很小，可采用夸大画法），如图 7-22a、b 所示。

（2）钩头型楔键连接画法　钩头型楔键的上表面有 1∶100 的斜度，装配时，将键沿轴向敲入键槽内，靠上、下面在轴和轮毂键槽之间接触挤压的摩擦力而连接，故上、下面是工作面，因紧密接触只画一条线。而两侧面为非工作面，应画两条线。钩头型楔键的连接画法如图 7-22c 所示。

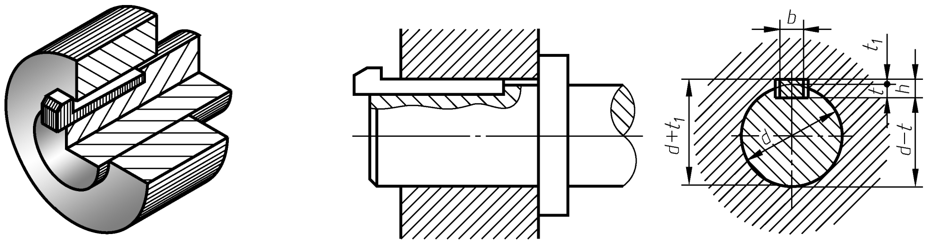


a) 普通型平键的连接画法



b) 普通型半圆键的连接画法

图 7-22　键连接的类型及画法



c) 钩头型楔键的连接画法

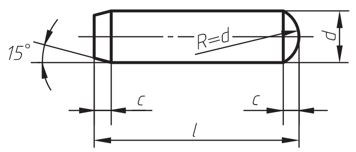
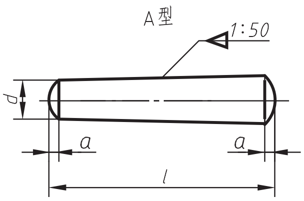
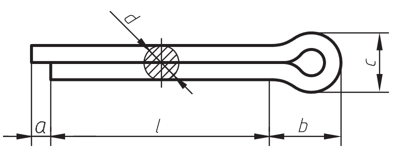
图 7-22 键连接的类型及画法（续）

7.4.2 销连接

1. 销的类型和标记

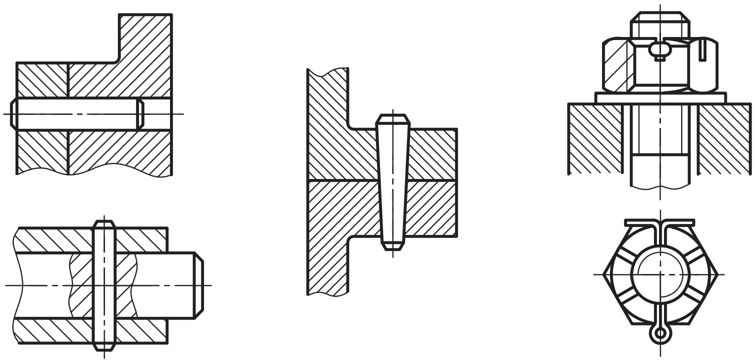
销也是标准件，用于零件之间的连接或定位。常用的有圆柱销、圆锥销和开口销等。常用销的类型及规定标记见表 7-6。

表 7-6 常用销的类型及规定标记

名称	形式	规定标记及其含义
圆柱销		公称直径 $d=10$mm，公差为 m6，公称长度 $l=50$mm，材料为钢，不经淬火、不经表面处理的圆柱销 标注 销 GB/T 119.1 10m6×50
圆锥销		公称直径 $d=10$mm，公称长度 $l=60$mm，材料为 35 钢，表面经氧化处理的 A 型圆锥销 标记 销 GB/T 117 10×60
开口销		公称规格为 5mm，公称长度 $l=50$mm，材料为 Q215 或 Q235，不经表面处理的开口销 标记 销 GB/T 91 5×50

2. 销连接画法

销连接画法如图 7-23 所示。在剖视图中，当剖切平面通过销的轴线时，销做不剖处理。加工销孔时，必须两件一起配作。



a) 圆柱销连接　　b) 圆锥销连接　　c) 开口销连接

图 7-23　销连接画法

7.5　弹簧

弹簧主要用于减振、夹紧、储存能量和测力等方面。弹簧的特点是：去掉外力后，弹簧能立即恢复原状。弹簧的种类很多，常见的有圆柱螺旋弹簧、涡卷弹簧、板弹簧等，圆柱螺旋弹簧又有圆柱螺旋压缩弹簧、圆柱螺旋拉伸弹簧、圆柱螺旋扭转弹簧，如图 7-24 所示。弹簧是标准件，GB/T 4459.4—2003 做了规定表示法。本节只介绍常用的圆柱螺旋压缩弹簧。



a) 圆柱螺旋压缩弹簧　　b) 圆柱螺旋拉伸弹簧　　c) 圆柱螺旋扭转弹簧

图 7-24　圆柱螺旋压缩弹簧

7.5.1　圆柱螺旋压缩弹簧结构名称及尺寸关系

圆柱螺旋压缩弹簧的结构名称及尺寸关系如图 7-25 所示。说明如下：

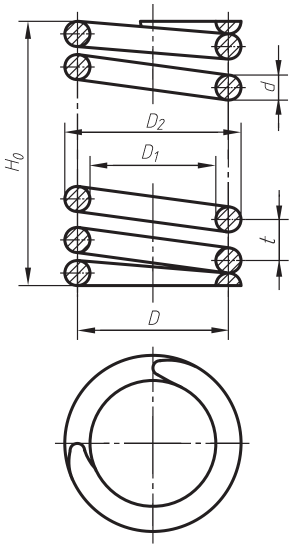
（1）材料直径 d　弹簧钢丝的直径。

（2）弹簧直径

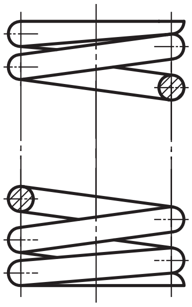
1）弹簧外径 D_2：弹簧最大直径 $D_2=D+d$。

2）弹簧内径 D_1：弹簧最小直径 $D_1=D-d$。

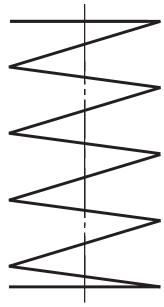
3）弹簧中径 D：弹簧规格直径 $D=(D_2+D_1)/2$。



a) 剖视图画法



b) 视图画法



c) 简化画法

图 7-25 圆柱螺旋压缩弹簧的结构名称及尺寸关系

（3）节距 t 除磨平压紧的支承圈外，相邻两圈间的轴向距离，$0.28D<t<0.5D$。

（4）有效圈数 n 保持节距相等的圈数。

（5）支承圈数 n_2 为使压缩弹簧在工作上受力均匀，制造时把弹簧两端并紧磨平，起支承作用的称为支承圈。支承圈数有 1.5 圈、2 圈、2.5 圈三种，以 2.5 圈较常用。

（6）总圈数 n_1 $n_1=n+n_2$。

（7）自由高度 H_0 弹簧未受任何载荷时的高度，$H_0=nt+(n_2-0.5)d$。

（8）簧丝长度 L 弹簧丝展开以后的长度，$L\approx\pi Dn_1$。

（9）旋向 螺旋弹簧分左旋和右旋两种。

7.5.2 圆柱螺旋压缩弹簧规定画法

圆柱螺旋压缩弹簧在平行于轴线的投影面的视图中，各圈的轮廓应画成直线（实际上是螺旋线投影的简化画法）。

圆柱螺旋压缩弹簧均按右旋画出，左旋弹簧也可画成左旋，但必须在技术要求中注明“左旋”。

圆柱螺旋压缩弹簧有效圈数在四圈以上者，中间部分可以省略。中间部分省略后，允许适当缩短图形的长度，但应画出簧丝中心线，具体画法如图 7-26 所示。

7.5.3 圆柱螺旋弹簧在装配图中的简化画法

在装配中，弹簧中间各圈可采用省略画法，被弹簧挡住的结构一般不画出，可见部分应从弹簧的外轮廓线或从弹簧钢丝截面的中心线处画起，如图 7-27a 所示。

当被剖切时，若材料直径等于或小于 2mm 时，其剖面线可用涂黑表示；若材料直径等于或小于 2mm，且弹簧内部还有零件时，为便于表示，可用示意画法，如图 7-27b、c 所示。

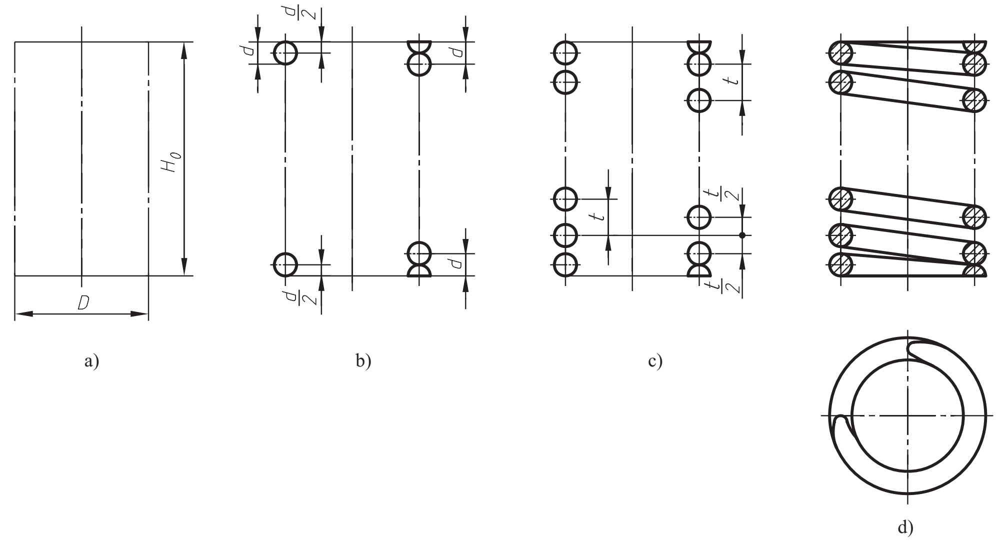


图 7-26　圆柱螺旋弹簧的规定画法

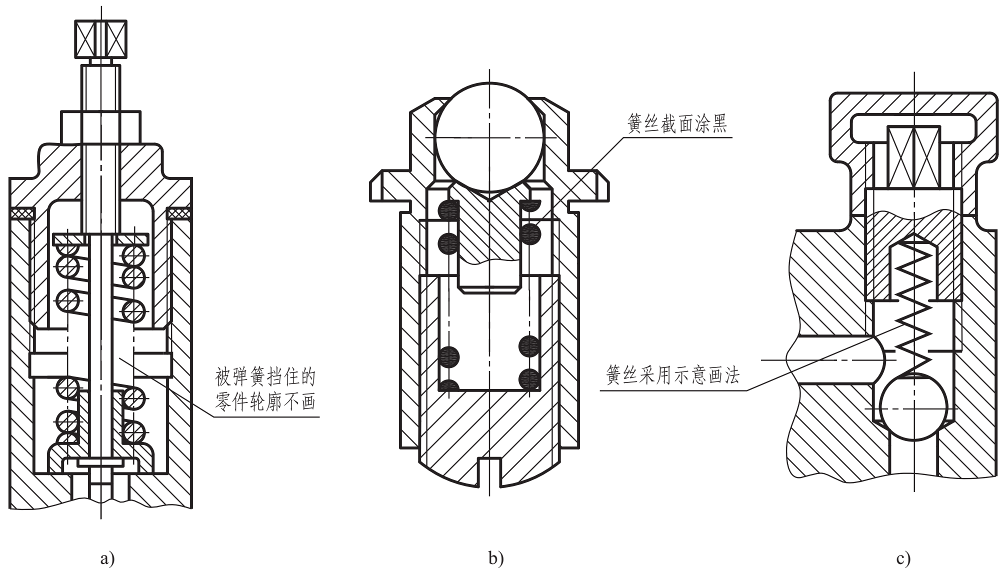


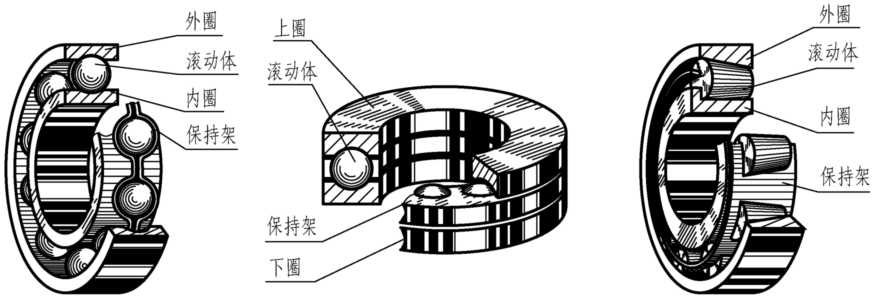
图 7-27　圆柱螺旋弹簧在装配图中的画法

7.6　滚动轴承

滚动轴承是标准件，它是一种支承旋转轴的组件，具有摩擦小、结构紧凑的特点，已广泛使用在机器或部件中。GB/T 4459. 7—1998 做了规定表示法。

7.6.1　滚动轴承的类型和结构

滚动轴承的种类很多。按可承受载荷的情况，可分为三类，如图 7-28 所示。



a) 深沟球轴承　　b) 推力球轴承　　c) 圆锥滚子轴承

图 7-28　滚动轴承的类型

1）向心轴承——主要承受径向载荷，如深沟球轴承。

2）推力轴承——主要承受轴向载荷，如推力球轴承。

3）向心推力轴承——可同时承受径向和轴向载荷，如圆锥滚子轴承。

滚动轴承虽然种类较多，但结构基本相同，一般由四部分组成：

1）外圈——装在机座孔中，固定不动。

2）内圈——套装在轴上，随轴一起转动。

3）滚动体——装在内、外圈之间的滚道中，有球或滚子两种。

4）保持架——用来隔开滚动体。

7.6.2　滚动轴承代号

1. 滚动轴承代号的组成

滚动轴承的代号是表示滚动轴承的结构、尺寸、公差等级、技术性能等特征的产品符号，它由基本代号、前置代号和后置代号组成。滚动轴承代号的组成见表 7-7。

基本代号表示轴承的类型、结构和尺寸，是轴承代号的基础，它是由轴承类型代号、尺寸系列代号、内径代号组成。

表 7-7　滚动轴承代号的组成

前置代号	基本代号				后置代号
	类型代号	尺寸系列代号		内径代号	
		宽(高)度系列代号	直径系列代号		

1）轴承类型代号——滚动轴承类型代号是用数字或字母来表示的，见表 7-8。

表 7-8　滚动轴承类型代号

代号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	N	U	NN	QJ
轴承类型	双列角接触球轴承	调心球轴承	推力调心滚子轴承 调心滚子轴承	圆锥滚子轴承	双列深沟球轴承	推力球轴承	深沟球轴承	角接触球轴承	推力圆柱滚子轴承	圆柱滚子轴承	外球面球轴承	双列(多列)圆柱滚子轴承	四点接触球轴承

2）尺寸系列代号——尺寸系列代号包括滚动轴承的宽（高）度系列代号和直径系列代号两部分，用两位阿拉伯数字来表示。它的主要作用是区别内径相同而宽度和外径不同的滚动轴承。

3）内径代号——内径代号表示滚动轴承的公称内径，一般用两位阿拉伯数字表示。滚动轴承内径代号见表 7-9。

表 7-9　滚动轴承内径代号

轴承公称内径/mm		内径代号	示　　例
0.6~10(非整数)		用公称内径毫米数直接表示,在其与尺寸系列代号之间用“/”分开	深沟球轴承　618/2.5　d=2.5mm
1~9(整数)		用公称内径毫米数直接表示,对深沟及角接触球轴承 7、8、9 直径系列,内径与尺寸系列代号之间用“/”分开	深沟球轴承　625　d=5mm 深沟球轴承　618/5　d=5mm
10~17	10	00	深沟球轴承　6200　d=10mm 深沟球轴承　6201　d=12mm 深沟球轴承　6202　d=15mm 深沟球轴承　6203　d=17mm
	12	01	
	15	02	
	17	03	
20~480 (22、28、32 除外)		公称内径除以 5 的商数,商数如为个位数,需在商数左边加“0”,如 08	圆锥滚子轴承　30308　d=40mm 深沟球轴承　6215　d=75mm
≥500 及 22、28、32		用公称内径毫米数直接表示,在其与尺寸系列代号之间用“/”分开	调心滚子轴承　230/500　d=500mm 深沟球轴承　62/22　d=22mm

2. 滚动轴承代号示例

（1）前置代号、后置代号示例　例如：

K　8　11　07

- 07——内径代号：$d = 7 \times 5\text{mm} = 35\text{mm}$
- 11——尺寸系列代号：宽度系列代号为 1，直径系列代号为 1
- 8——轴承类型代号：推力圆柱滚子轴承
- K——前置代号：滚子和保持架组件

6　2　10　NR

- NR——后置代号：轴承外圈有止动槽，并带有止动环
- 10——内径代号：$d = 10 \times 5\text{mm} = 50\text{mm}$
- 2——尺寸系列代号（02）：宽度系列代号为 0（省略），直径系列代号为 2
- 6——轴承类型代号：深沟球轴承

（2）基本代号示例　例如：

6 2 08
- 08——内径代号：$d = 8 \times 5\text{mm} = 40\text{mm}$
- 2——尺寸系列代号(02)：宽度系列代号为0(省略)，直径系列代号为2
- 6——轴承类型代号：深沟球轴承

3 3 12
- 12——内径代号：$d = 12 \times 5\text{mm} = 60\text{mm}$
- 3——尺寸系列代号(03)：宽度系列代号为0(省略)，直径系列代号为3
- 3——轴承类型代号：圆锥滚子轴承

5 13 10
- 10——内径代号：$d = 10 \times 5\text{mm} = 50\text{mm}$
- 13——尺寸系列代号(13)：高度系列代号为1，直径系列代号为3
- 5——轴承类型代号：推力球轴承

3. 滚动轴承的标记

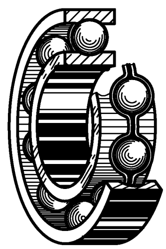
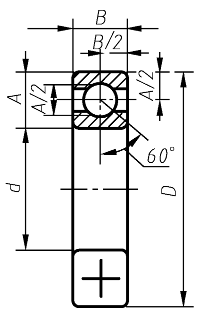
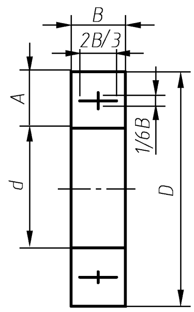
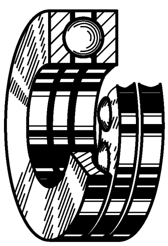
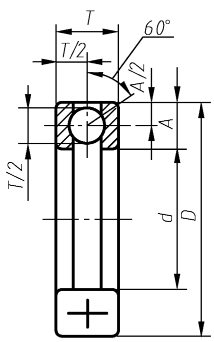
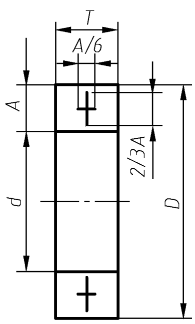
滚动轴承标记由三部分组成，即轴承名称、轴承代号和标准编号。

例如：滚动轴承　6405 GB/T 276—2013。

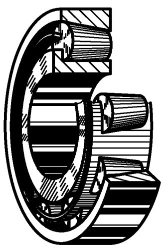
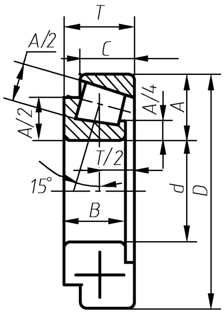
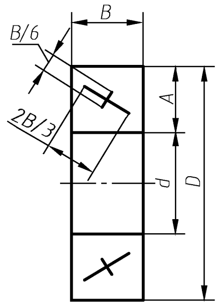
7.6.3 滚动轴承的规定画法

滚动轴承是标准件，在装配图上只需用规定画法或特征画法表示。常用滚动轴承的形式，代号及画法见表7-10。

表7-10　常用滚动轴承的形式、代号及画法

轴承名称和代号	结构形式	主要尺寸	规定画法	特征画法
深沟球轴承 GB/T 276—2013 6000型		*D* *d* *B* *A*		
推力球轴承 GB/T 301—2015 51000型		*D* *d* *T* *A*		

（续）

轴承名称和代号	结构形式	主要尺寸	规定画法	特征画法
圆锥滚子轴承 GB/T 297—2015 30000 型		D d B T C A		

本 章 小 结

主要内容和重点：

本章主要介绍螺纹、螺纹紧固件、齿轮、键和销、弹簧、滚动轴承。重点是螺纹、螺纹紧固件、齿轮、键和销。

学习要求：

1）了解螺纹的形成、作用、类型及结构要素，掌握螺纹的规定画法，理解螺纹规定标记所表示的含义，会查阅螺纹国家标准。

2）了解螺纹紧固件的连接形式及其标记，掌握螺栓、双头螺柱、螺钉连接的规定画法。

3）了解齿轮的作用、圆柱齿轮的结构名称与尺寸的关系，掌握单个直齿圆柱齿轮和直齿圆柱齿轮啮合时的规定画法。

4）了解键和销的形式和作用，掌握普通型平键和圆柱销、圆锥销的连接画法及标记。

5）了解圆柱螺旋弹簧结构名称与尺寸的关系，掌握圆柱螺旋压缩弹簧的规定画法及标记。

6）了解滚动轴承的类型及结构，理解滚动轴承代号所表示的含义，掌握滚动轴承的规定画法。

第 8 章

零　件　图

机器或部件由零件装配而成，零件是机器或部件中的基本单元个体。用来表达零件的形状结构、大小和技术要求的图样称为零件图。

8.1　零件图概述

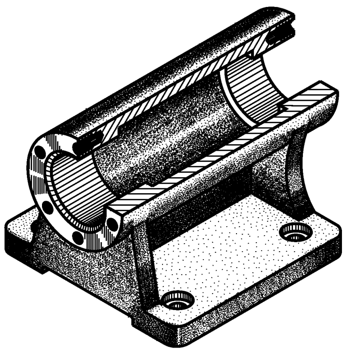
8.1.1　零件图的作用

零件图是表示机器零件结构形状、大小及技术要求的图样，是加工制造和检验零件的依据，是指导零件生产的重要技术文件。零件图又是表达和传递设计意图和设计思想的载体，工程技术人员必须要学习掌握绘制和识读零件图的知识与技能。如图 8-1 所示为铣刀头立体图及零件图。

8.1.2　零件图的内容

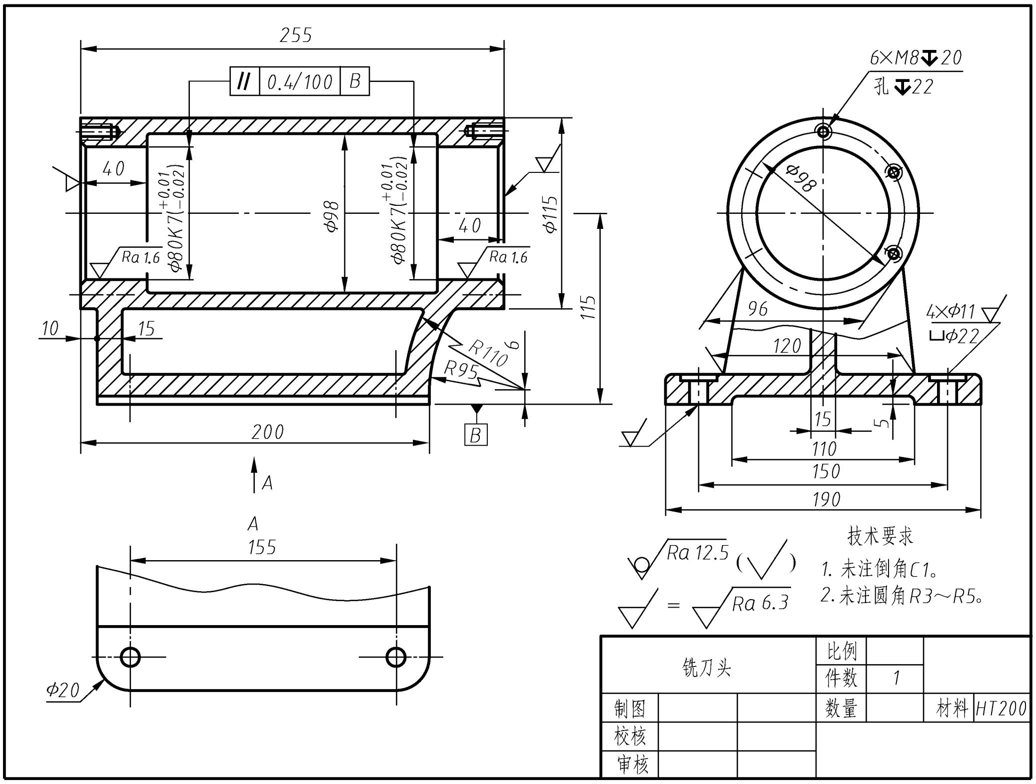
一张完整的零件图应包括以下四个内容：

（1）一组视图　准确、清楚、简洁地表达出零件内外形状的一组图形信息，其中包括机件的各种表达方法，如视图、剖视图、断面图、局部放大图和简化画法等。



a) 铣刀头

图 8-1　铣刀头立体图及零件图



b) 零件图

图 8-1　铣刀头立体图及零件图（续）

（2）完整的尺寸　零件图中应正确、完整、清晰地注出制造零件所需的全部尺寸。

（3）技术要求　零件图中用规定的代号、数字、字母和文字注解说明制造和检验零件时在技术指标上应达到的要求，如表面结构、尺寸公差、几何公差、材料和热处理、检验方法及其他特殊要求等。

（4）标题栏　标题栏填写的主要内容有零件的名称、材料、数量、比例等。

8.2　零件视图的选择及典型零件视图分析

零件视图是零件图中最基本最重要的内容之一，本节将结合零件的形状和结构特征、设计加工和使用要求，讨论分析一些典型零件视图的选择方法，从中找出零件形状结构及视图选择中有规律性的东西，用以指导合理地选择零件视图。

8.2.1　零件视图的选择

由于零件的形状结构是多种多样的，所以在选择视图前，首先对零件形状结构进行分析，找到零件的安放位置，选择最能反映零件形状结构特征的视图作为主视图，并选好其他视图，以确定一组最佳的视图表达方案。选择零件视图的原则是：在完整、准确、清晰地表示零件结构形状的前提下，力求图形简单、画图简便、读图方便。零件视图选择的方法和步

骤是：

1. 零件形体分析

零件形体分析是认识零件的一个重要过程，是确定零件视图表达方案的前提。零件的形状结构及其安放位置（工作位置或加工位置）的不同，视图选择也往往不同。因此，在选择视图之前，应首先对零件的形状结构、工作和加工情况进行全面的了解，以便下一步能准确地选择好零件的一组视图。

2. 选择主视图

主视图是表达零件形状结构最重要的视图，主视图的选择是否合理会直接影响其他视图的选择、尺寸标注和读图是否方便，甚至影响到画图时图纸幅面的合理利用。因此，正确选择零件主视图时应满足“合理安放位置”和“表现形状特征”两个原则。

（1）合理安放位置原则　所谓“合理安放位置”是指零件在机器工作状态时的位置（简称工作位置）或零件在机器上加工时的位置（简称加工位置）。

1）工作位置是指零件在机器或部件工作状态时所处的位置。此时零件的位置安放，应尽量与零件在机器或部件中的工作位置一致，这样便可根据装配关系来考虑零件的形状及有关尺寸，便于读图和校核。例如图 8-2 中所示的车床尾座是处在工作位置状态。又如图 8-1 所示铣刀头的主视图就是按工作位置选择的。

2）加工位置是指零件在加工时所处的位置。主视图与零件在机床上加工时的位置一致，以便零件在加工时可以直接进行图物对照，便于读图和测量尺寸。例如轴类零件的加工，大部分工序在车床或磨床上进行，因此通常要按加工位置（即轴线是水平放置）选择主视图，如图 8-2 所示。

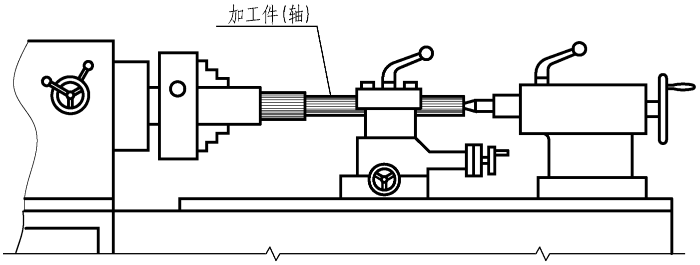


图 8-2　轴类零件在机床上的加工位置

（2）表现形状特征原则　确定了零件的安放位置后，就要确定主视图的投射方向。所谓形状特征原则就是将最能反映零件形状结构特征的方向作为主视图的投射方向，此时主视图就能较全面地反映零件的形状结构特征，以满足表达零件准确、清晰的要求。图 8-3 所示为车床尾座主视图投射方向的选择，由图可知，图 8-3a 的表达效果显然比图 8-3b、c 表达效果要好，由此而选定图 8-3a 作为主视图的投射方向。

3. 选择其他视图

当主视图确定后，对零件未表达或未表达清楚的部分，再选择其他视图加以完善表达，如选择其他基本视图、剖视图、断面图、局部放大图和简化画法等表达方法。选用其他视图时，应注意以下几点：

1）根据零件内外形状结构的复杂程度，要有针对性地选择其他视图，使每个所选视图

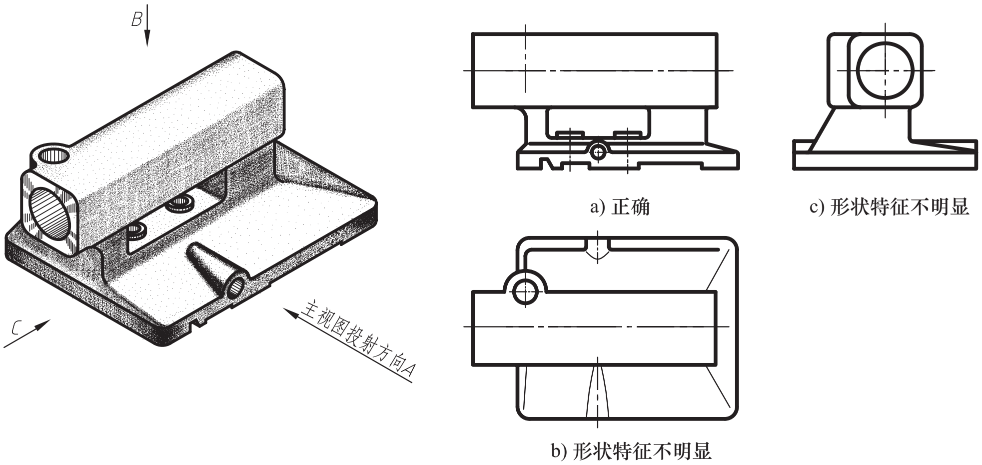


图 8-3　车床尾座主视图投射方向的选择

应具有独立和明确的表达重点，不要出现重复。在力求准确、完整表达零件的前提下，所选的视图数量要少、简洁。

2）当零件的主要的形状结构还未表达完整、清楚时，要有针对性地选择合适的视图，当有内部结构需要表达时应尽量在基本视图上做剖视。对尚未表达清楚的局部结构或倾斜部分结构，可增加必要的局部视图、局部放大图或斜视图表达，并尽量与基本视图保持投影关系，配置在相关的基本视图附近。

8.2.2　典型零件视图分析

虽然零件的形状多种多样，加工方法各不相同，但零件也有许多共同之处。根据零件在形状结构、作用上具有的类似性，把零件分为四大类，即轴套类零件、盘盖类零件、叉架类零件和箱壳类零件，通常也称为典型零件。

1. 轴套类零件

（1）形状结构分析　轴套类零件主要有轴、销、螺杆、套筒等，一般由圆柱、圆锥等同轴回转体组成，为细长形状。轴套类零件上常加工有键槽、销孔、退刀槽、倒角、倒圆等结构。此类零件主要由机械加工形成，如图 8-4 所示的柱塞套零件图。

（2）主视图选择　轴套类零件一般按其加工位置或工作位置作为安放位置，并以轴向方向作为主视图的投射方向，这样既可把各段圆柱的外形及相对位置表示清楚，同时又能反映出轴上面的键槽、轴肩、退刀槽等结构。

（3）其他视图的选择　轴套类零件主要结构形状是由各段圆柱同轴线组成的回转形体，一般只需选择一个主视图。由于轴上的各段圆柱已标注直径尺寸，因此不必画出左视图或右视图（反映径向的视图）。对于零件上的键槽、退刀槽、销孔等结构，常采用局部视图、局部剖视图、移出断面图及局部放大图表示（图 8-4）。

2. 盘盖类零件

（1）形状结构分析　盘盖类零件有端盖、阀盖、齿轮等，这类零件的基本形状一般为扁平的回转体或其他盘状的几何体组成，常带有凸缘、均布的圆孔和肋等结构。盘盖类零件经铸造或锻压成毛坯，再经机械车削加工而成，因而有铸造圆角、凸台和凹坑、倒角等工艺

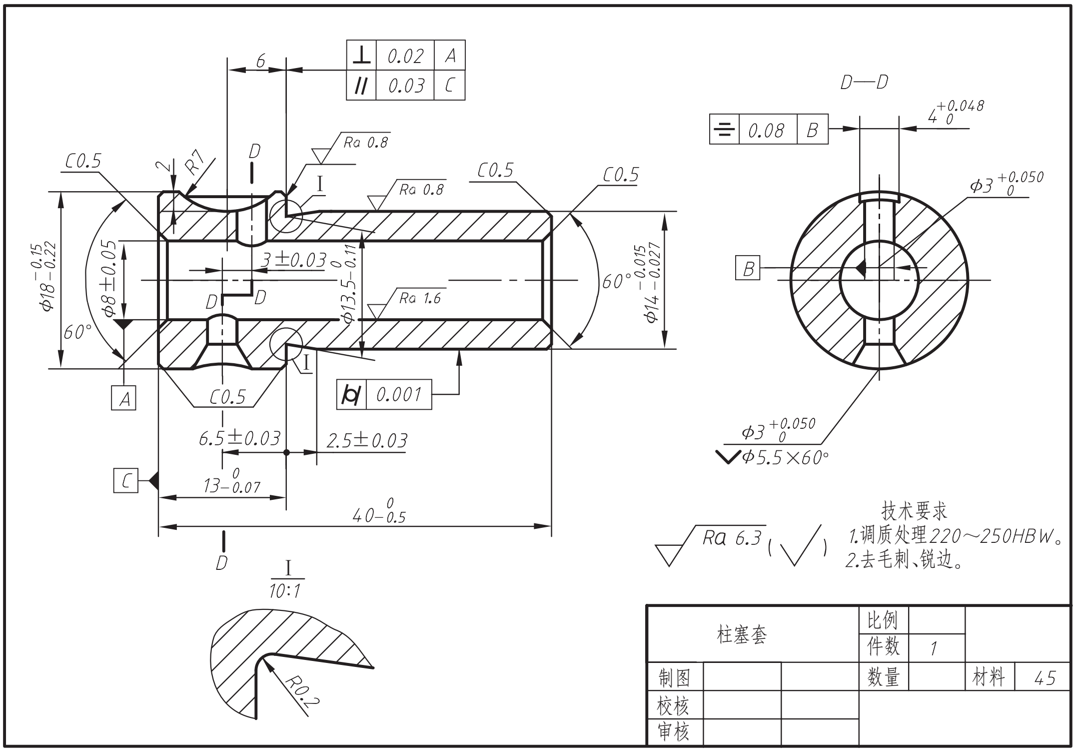


图 8-4　柱塞套零件图

结构。盘盖类零件主要起支承、轴向定位、防尘和密封作用，如图 8-5 所示的端盖零件图。

（2）主视图选择　盘盖类零件主视图一般按加工位置（通常以轴孔的轴向方向）来选择，不以车削为主的零件可按工作位置选择。为了表达零件内部结构，主视图常采用全剖视图、半剖视图的表达方法。

（3）其他视图的选择　盘盖类零件一般需要两个或两个以上的基本视图表达，除主视图外，为了表示零件端面上均布的孔、槽、肋、轮辐等结构，还需选用左视图或右视图，细小结构可采用局部放大图，肋和轮辐的断面可采用断面图。如图 8-5 所示为端盖零件图。

3. 叉架类零件

（1）形状结构分析　叉架类零件有拨叉、连杆、支座等，一般起支承或传动作用。此类零件结构通常由三个部分组成，即工作部分、安装部分和连接部分。叉架类零件是先铸造或锻压成毛坯，再经车削加工而成，因而有铸造圆角、起模斜度、凸台和凹坑、倒角等工艺结构，如图 8-6 所示的踏脚座。

（2）主视图选择　叉架类零件结构形状比较复杂，加工位置多变，所以这类零件的主视图一般按工作位置放置，以形状特征原则确定主视图的投射方向。

（3）其他视图的选择　叉架类零件通常需要两个或两个以上的基本视图，工作部分和安装部分常用局部剖视图表达孔、槽的内部结构，连接部分的断面则采用断面图，对于倾斜结构部分还需要采用斜视图或移出断面图表达，如图 8-6 中 *B*—*B* 所示。

4. 箱壳类零件

（1）形状结构分析　箱壳类零件主要有阀体、泵体、减速器箱体等零件，其作用是支

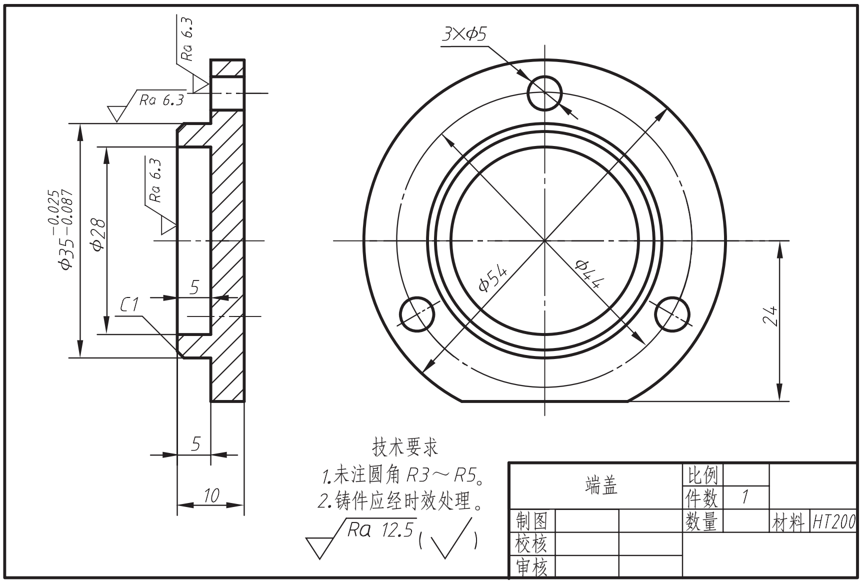


图 8-5　端盖零件图

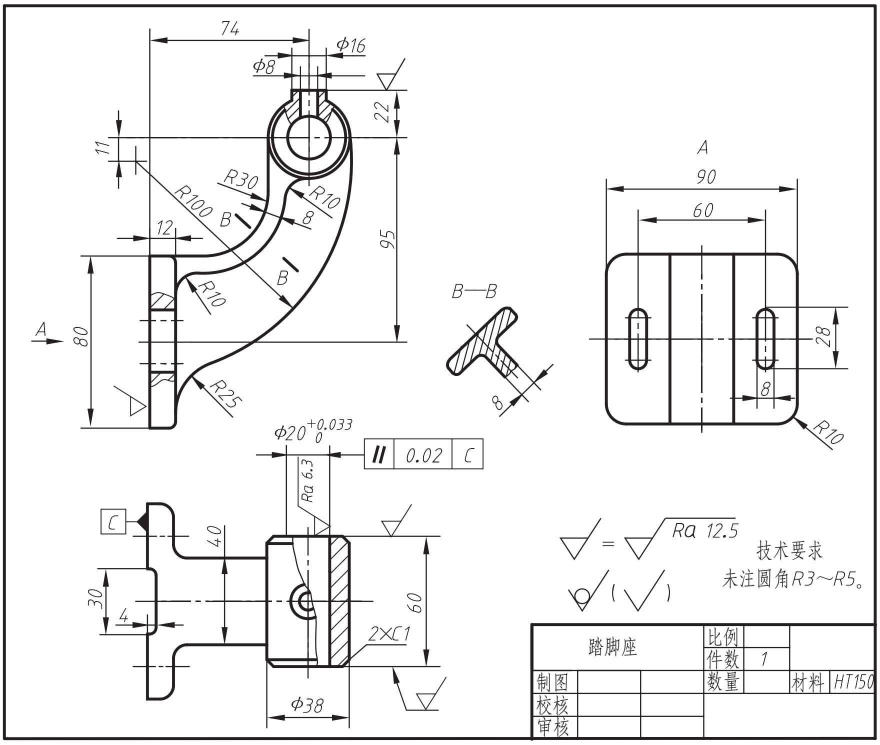
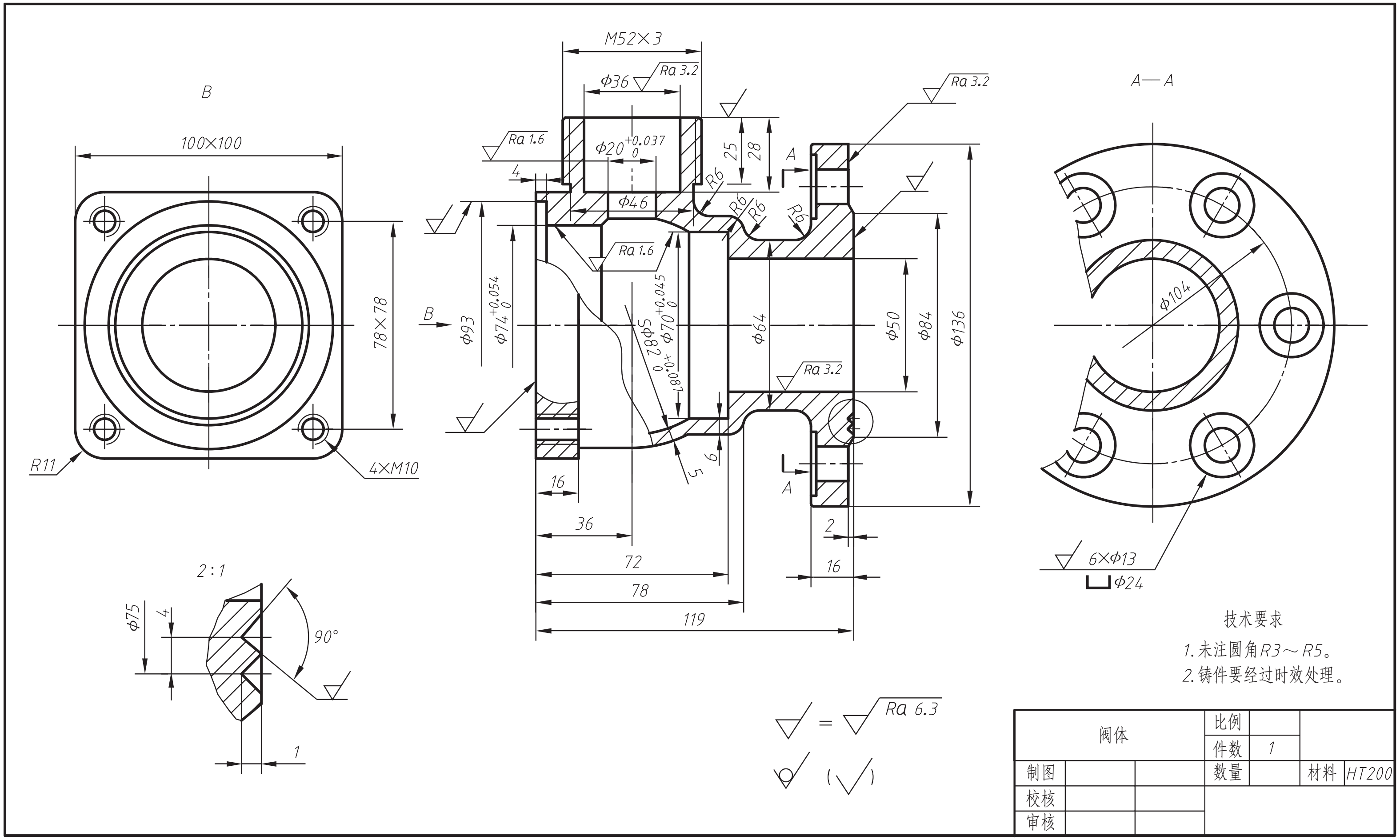


图 8-6　踏脚座零件图

承和包容其他零件，因此结构比较复杂。这类零件一般有复杂的内腔和外形结构，并带有轴承孔、凸台、肋，此外还有安装底板、螺栓孔和螺纹孔等结构。如图 8-7 所示的阀体零件。



B
A—A
100×100
78×78
R11
4×M10
M52×3
φ36
Ra 3.2
Ra 1.6
φ20 +0.037 0
25
28
φ46
R6
A
B
φ93
φ74 +0.054 0
Sφ82 0 -0.087
φ70 +0.045 0
φ64
φ50
φ84
φ136
Ra 3.2
16
36
72
78
119
2
16
5
6
4
φ104
6×φ13
⌴φ24
2:1
φ75
4
90°
1
= Ra 6.3
(√)
技术要求
1.未注圆角R3～R5。
2.铸件要经过时效处理。
阀体
比例
件数 1
数量
材料 HT200
制图
校核
审核

图 8-7　阀体零件图

（2）主视图选择　由于箱壳类零件形状结构复杂，加工工序较多，加工位置多变，所以在选择主视图时，主要根据“工作位置”和“形状特征”原则综合考虑，尽可能多地表达与其他零件之间的装配位置关系，并采用剖视图重点表达其内部结构，如图 8-7 中的主视图所示。

（3）其他视图的选择　为了能够完整地表达箱壳类零件的内外结构形状，一般要选用两个以上的基本视图，并根据结构特点在基本视图上采用合适的剖视。未表达清楚的局部结构可采用局部视图、局部放大图，倾斜结构采用斜视图等。如图 8-7 中，主视图采用两处局部剖视图来表达内部结构形状，选用了 *A—A* 全剖视图表达阀体的通道断面和端面上六个沉孔的分布情况。采用 *B* 向局部视图表达左端面的外形及螺孔的分布情况，密封槽的细部则采用局部放大图表达。

8.3　零件图尺寸标注

视图只能表达零件的形状结构，而零件形状结构的大小是根据图样上所标注的尺寸进行加工和检验的。零件图的尺寸要求注写应正确、完整、清晰，而且要合理。所谓合理，是指所注的尺寸既符合零件的设计要求，又便于加工和检验（即满足工艺要求）。为了合理地标注尺寸，必须对零件进行结构分析、形体分析和工艺分析，确定尺寸基准后，然后再选择合理的标注形式。

8.3.1　零件尺寸基准及其选择

零件图尺寸标注既要保证设计要求又要满足工艺要求，首先要正确选择零件图的尺寸基准。所谓尺寸基准，就是用以确定尺寸位置的一些面、线作为标注尺寸的起点。它可以是零件上的对称平面、安装底面、端面、零件的结合面、主要孔和轴的轴线等。

选择尺寸基准的目的，一是为了确定零件尺寸标注的起点位置；二是确定测量尺寸的起点位置，便于加工和测量。根据基准作用不同，基准分为设计基准和工艺基准二种。

1. 设计基准

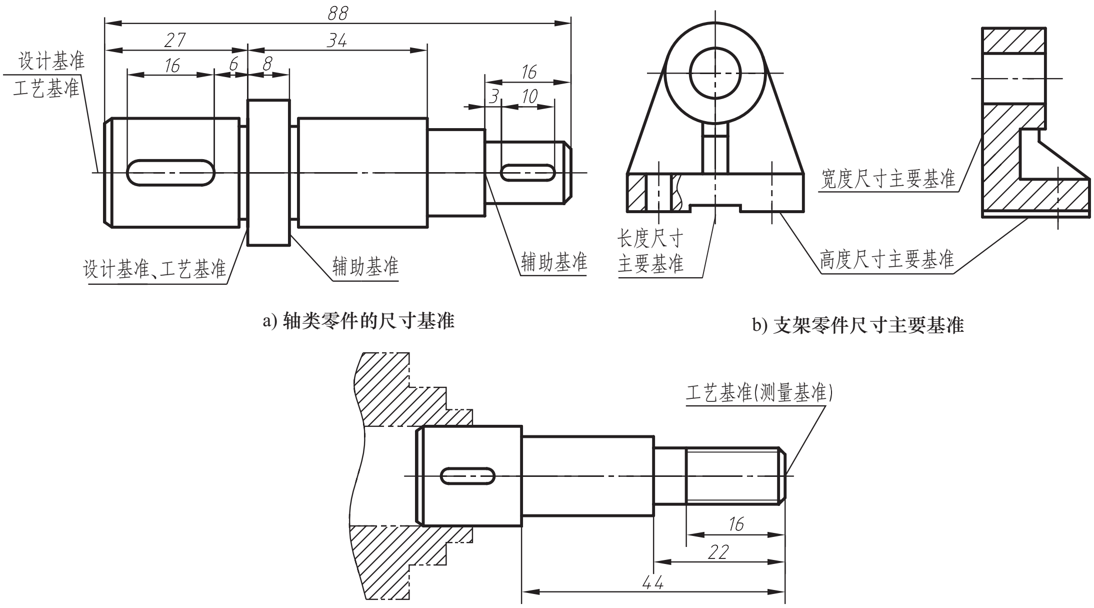
以确定零件在机器或部件中的位置，在设计中为保证其性能要求而选定的基准称为设计基准。零件有长、宽、高三个方向，每个方向都要有一个设计基准，该基准又称为主要基准。如图 8-8a 所示的轴类零件的轴线，图 8-8b 所示轴承座的底面和对称面均为设计基准。

2. 工艺基准

在加工时，以确定零件装夹位置和刀具位置以及测量所选定的基准称为工艺基准，如图 8-8c 所示。

零件在同一方向可以有多个基准，但其中必须有一个是主要基准，其余均为辅助基准。主要基准一般为设计基准，辅助基准应为工艺基准，设计基准与工艺基准之间应注有一个联系尺寸。

选择基准的原则是：尽可能使设计基准与工艺基准一致，以减少两个基准不一致而引起的尺寸误差。当设计基准与工艺基准不一致时，应以保证设计要求为主，将重要尺寸从设计基准注出，其余尺寸从工艺基准注出，以便加工和测量。



a) 轴类零件的尺寸基准

b) 支架零件尺寸主要基准

c) 工艺基准

图 8-8　零件尺寸基准的选择

8.3.2　零件尺寸的标注形式

根据零件的结构特点以及各结构之间的尺寸精度要求，零件尺寸有三种标注形式。

1. 链状式

零件的同一方向尺寸依次头尾相接注写成链状的形式称为链状式尺寸，如图 8-9 所示。这种标注尺寸的形式可保证相邻两孔之间的尺寸精度，但各孔的误差总和会造成第一个孔与最后一个孔之间的尺寸误差加大，精度降低。因此，当只对零件中各孔中心距的尺寸精度要求较高时，可采用这种标注方法。

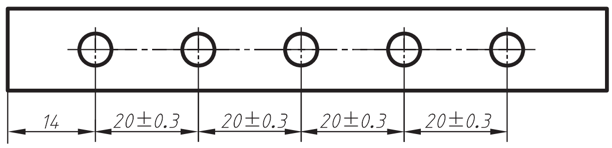


图 8-9　链状式尺寸注法

2. 坐标式

零件的同一方向尺寸都以一个尺寸基准为起点标注的形式称为坐标式尺寸，如图 8-10 所示。这种标注对其中任一尺寸精度只取决于该段加工误差，不受其他尺寸影响，可保证该段的尺寸精度要求。

3. 综合式

这种尺寸注法是结合链状式和坐标式两种标注形式，如图 8-11 所示。可根据设计要求选择其中的标注形式，将尺寸误差积累到不重要的尺寸段中，以保证零件重要尺寸的加工精度。

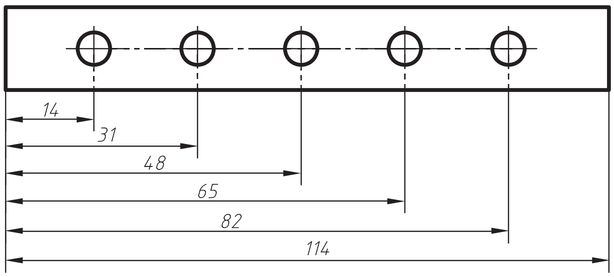


图 8-10　坐标式尺寸注法

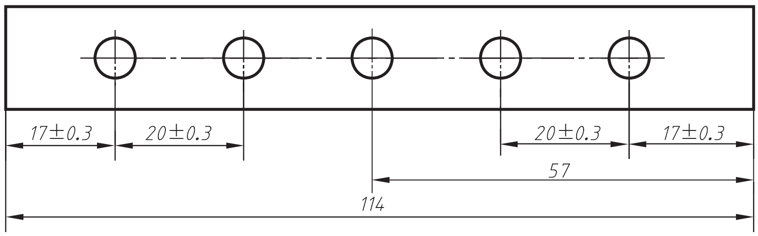


图 8-11　综合式尺寸注法

8. 3. 3　合理标注尺寸

1. 重要尺寸必须直接注出

重要尺寸是指零件上对机器的使用性能和装配质量有关的尺寸，这类尺寸应从设计基准直接注出。如图 8-12 中的高度尺寸 26mm 为重要尺寸，应从高度尺寸主要基准直接注出。33mm 是两圆孔中心距，应以长度尺寸主要基准标注，以保证精度要求。

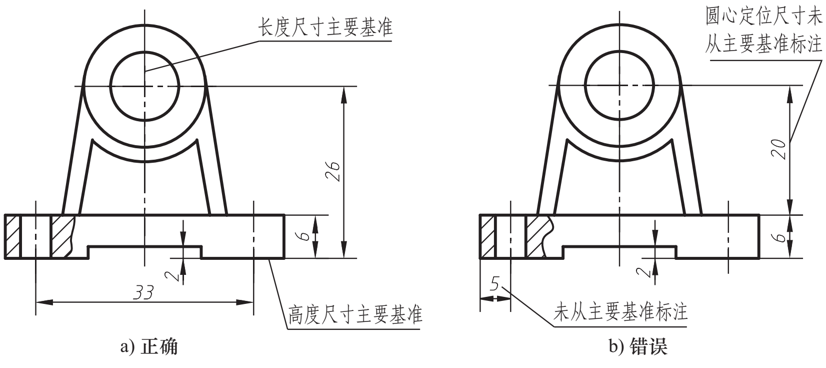


图 8-12　重要尺寸从主要基准直接注出

2. 避免出现封闭的尺寸链

封闭的尺寸链是指一个零件同一方向上的各段尺寸像车链一样，一环扣一环首尾相连，形成封闭链状的情况，如图 8-13 所示，各轴段尺寸与总体尺寸间已经形成封闭的尺寸链。在机械加工过程中，因为各轴段尺寸加工不可

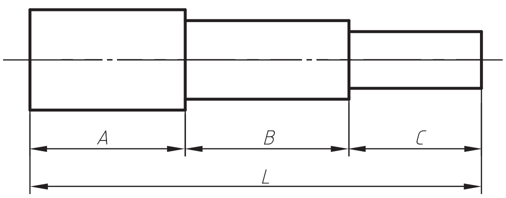


图 8-13　封闭尺寸链

能绝对准确，总有一定尺寸误差，而各轴段尺寸误差的和不可能正好等于总体尺寸的误差。因此，在标注尺寸时，应将不重要的轴段尺寸空出不注（此段称为封闭环），其他轴段加工的误差都积累至这个不要求检验的尺寸上，而轴的全长及主要轴段的尺寸精度得到了保证，如图 8-14a 所示。当需要标注封闭环尺寸时，可将其注成参考尺寸（注写括号），如图 8-14b、c 所示。

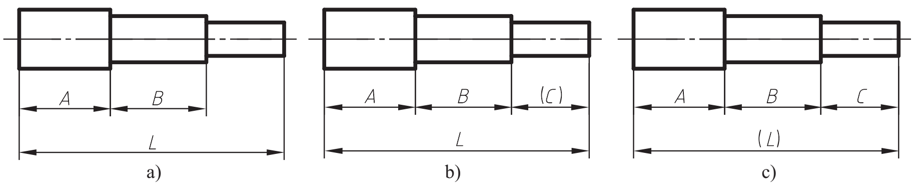


图 8-14　封闭环的确定

3. 考虑零件加工、测量的要求

（1）考虑加工读图方便　将不同加工方法所注的尺寸分开标注，可便于读图加工，如图 8-15 所示，是把车削与铣削所注的尺寸分开标注。

（2）考虑测量方便　尺寸标注可有多种形式，但总的要注意所注尺寸应便于测量，如图 8-16 所示的结构在不同标注形式下，不便于测量的标注形式是不合理的。

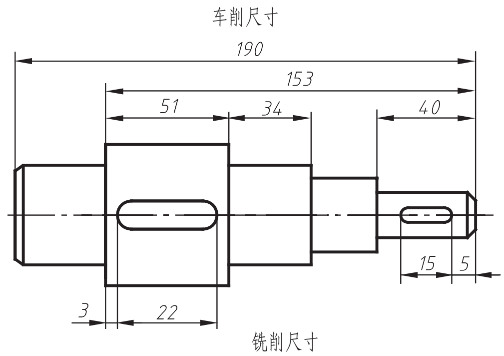


图 8-15　按不同的加工方法分开标注尺寸

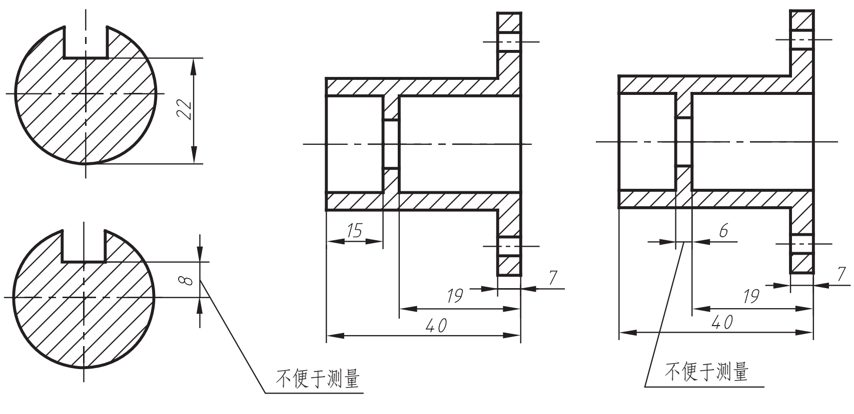
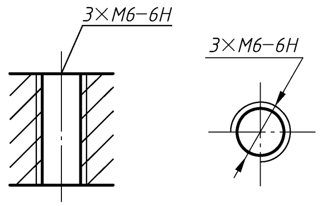
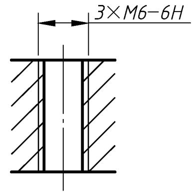
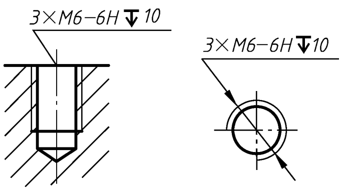
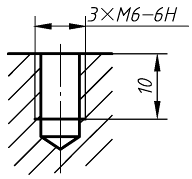
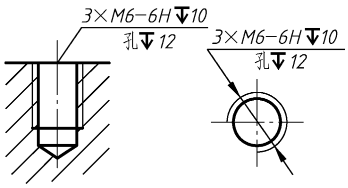
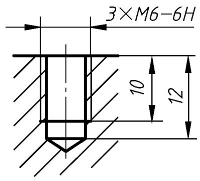
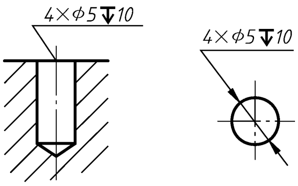
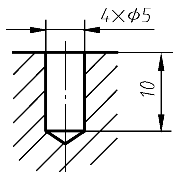
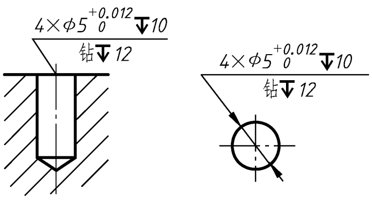
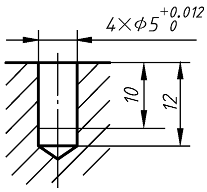
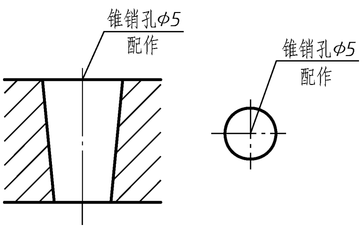


图 8-16　考虑尺寸测量方便

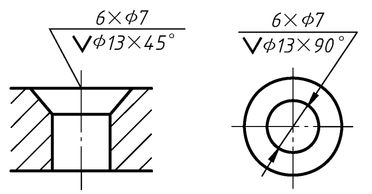
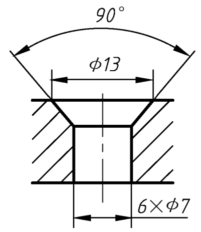
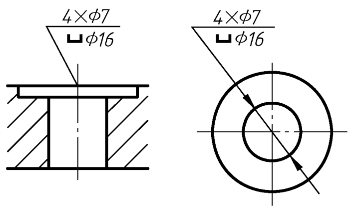
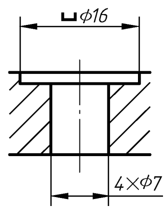
8.3.4　零件上常见孔的尺寸标注

零件上光孔、沉孔和螺孔是常见的结构，如有标准规定的应按标准规定标注。零件上常见孔的尺寸标注形式见表 8-1。

表 8-1 零件上常见孔的尺寸标注形式

零件结构类型		旁注法或简化标注	普通标注	说明
螺孔	通孔			3×M6 表示公称直径为 6mm,均匀分布的三个螺孔
	不通孔			螺孔深度 10mm 可与螺孔直径连注,也可分开注出
	一般孔			需要注出孔深时,应明确标注孔深尺寸
光孔	一般孔			4×ϕ5mm 表示公称直径为 5mm,均匀分布的四个光孔,孔深 10mm 可与孔径连注,也可分开注出
	精加工孔			光孔深为 12mm,钻孔后需精加工至 $\phi5^{+0.012}_{0}$ mm,深度为 10mm
	锥销孔			ϕ5mm 为与锥销孔相配的圆锥销公称直径。锥销孔通常是相邻两零件装在一起时配作的

（续）

零件结构类型		旁注法或简化标注	普通标注	说　　明
光孔	锥形沉孔			6×ϕ7 表示公称直径为 7mm 均匀分布的六个孔。锥形部分尺寸可以连注，也可分开注出
	锪平面			锪平面 ϕ16mm 处的深度不需标注，一般锪平到不出现毛面为止

8.4　零件工艺结构及其画法

零件形状结构的设计不仅要满足设计要求，而且还应满足制造加工工艺要求。零件上常见的工艺结构主要有铸造工艺结构和机械加工工艺结构两种。

8.4.1　铸造工艺结构

1. 起模斜度

在翻砂造型时，为了便于将模样从砂型中取出，一般沿模样起模的方向做成约 1∶20 的斜度，这个斜度称为起模斜度（图 8-17）。因而铸件上也有相应的斜度。起模斜度若无特殊要求，在图中可以不画出，也不做标注。

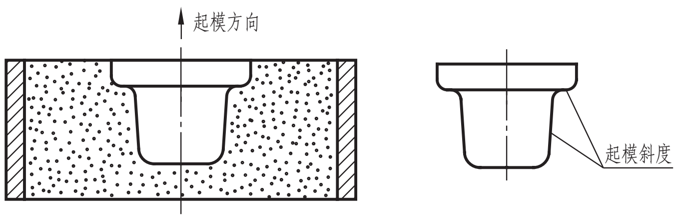


图 8-17　起模斜度

2. 铸造圆角

为防止零件在浇注时铁液将砂型转角处冲坏和避免铸件在冷却收缩时，在尖角处产生裂纹或缩孔，铸件毛坯各表面的相交处都做成圆角，这种圆角称为铸造圆角，如图 8-18a 所示。铸造圆角半径尺寸在图样上一般不注出，而写在技术要求中，如“未注圆角 *R*3”。

3. 过渡线

铸件表面交线由于铸造圆角的存在，这种交线变得不太明显，这种不明显的交线称为过

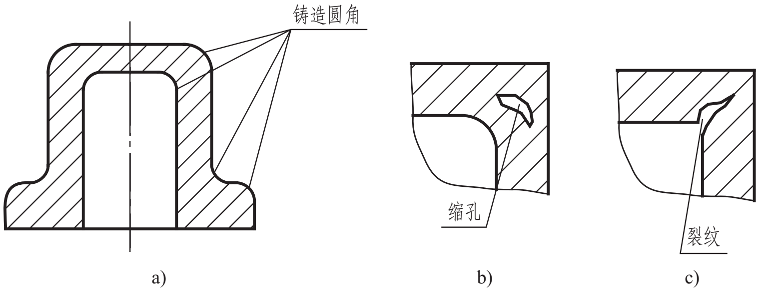


图 8-18　铸造圆角

渡线，如图 8-19 所示。

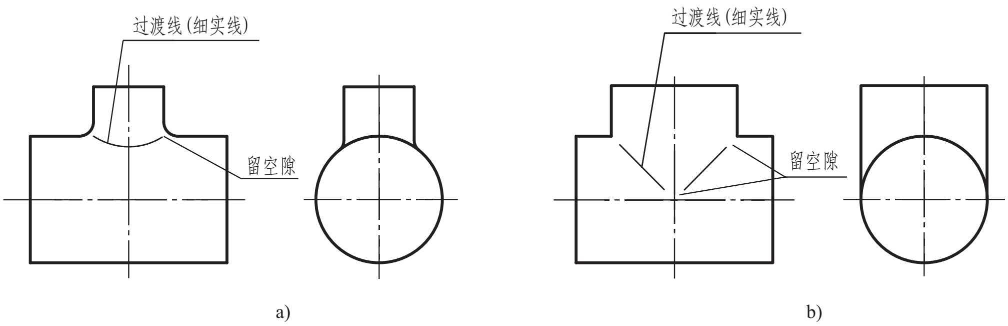


图 8-19　过渡线及其画法

过渡线的画法与交线画法基本相同，只是过渡线采用细实线表示，并在两端与圆角轮廓线之间留有空隙。图 8-20 所示为零件上常见的几种过渡线画法。

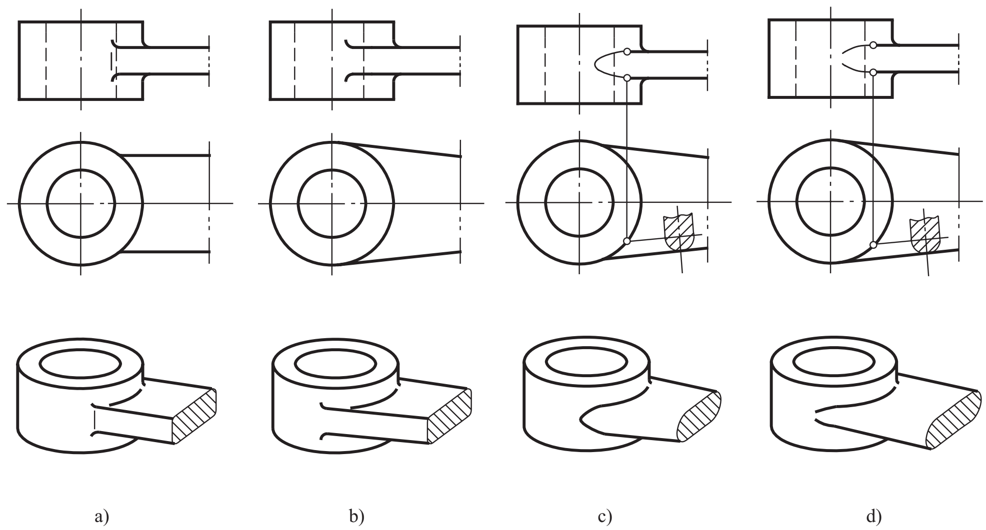
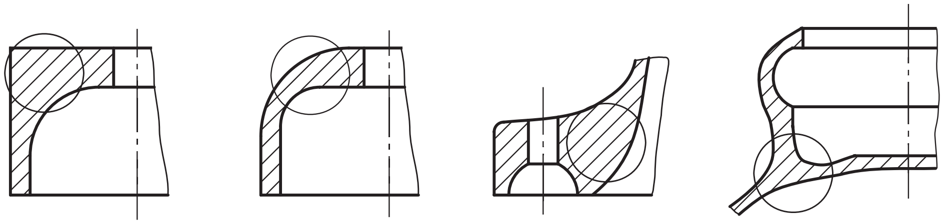


图 8-20　零件上常见的几种过渡线画法

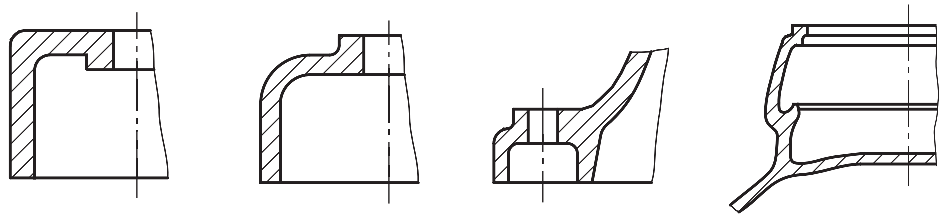
4. 铸件壁厚

在浇注零件时，为了避免各部分因冷却速度不同而产生缩孔或裂纹等缺陷，铸件的壁厚

应尽量保持厚薄均匀，或采用逐渐变化的方法。壁厚尺寸可以在技术要求中标注，如“未注铸件壁厚为 5”，如图 8-21 所示。



a) 壁厚不均匀(错误)



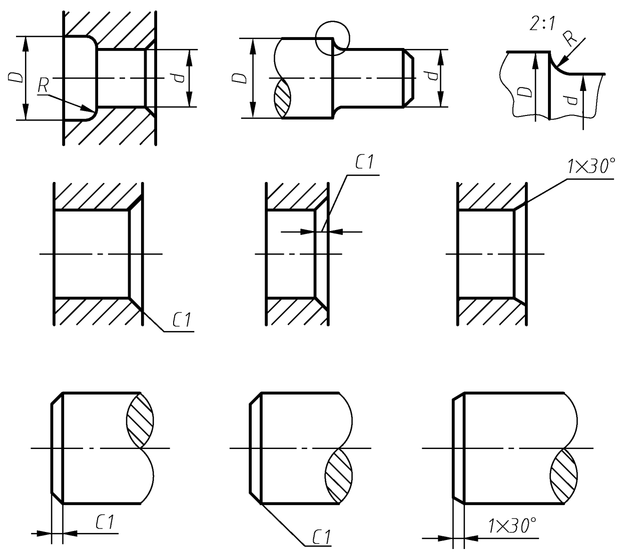
b) 壁厚均匀

图 8-21　铸件壁厚要均匀

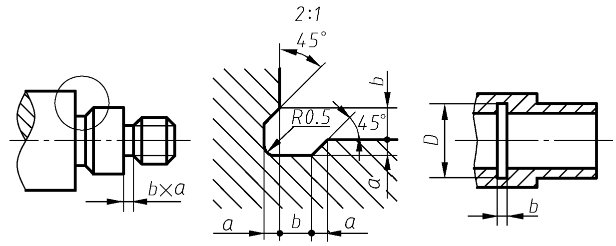
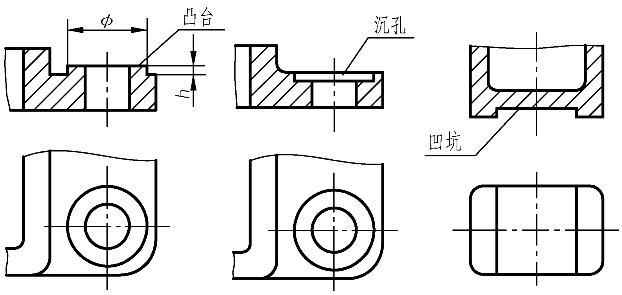
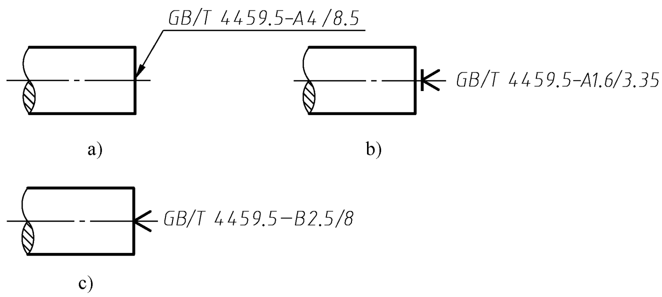
8.4.2　机械加工零件工艺结构

机械加工零件的工艺结构主要有：倒角和倒圆、退刀槽和砂轮越程槽、凸台和凹坑、中心孔等。机械加工零件工艺结构的画法与尺寸标注见表 8-2。

表 8-2　机械加工零件工艺结构的画法与尺寸标注

类型	画法与尺寸标注图例	说　　明
倒圆与倒角		为了避免应力集中，轴肩、孔肩转角处常加工成环面过渡，称为倒圆(圆角)。为防止零件的锐边、毛刺划伤人手和便于装配，常在轴或孔的端部加工出 45°或 30°、60°的锥台，该锥台称为倒角 45°倒角用“*C*”表示，可注成 *C*1、*C*2 形式，其他角度要分开标注，如 1×30°、2×30°

（续）

类型	画法与尺寸标注图例	说　　明
退刀槽与砂轮越程槽		在车削或磨削加工时，为便于刀具或砂轮进入或退出加工面，在装配时保证与相邻零件靠紧，常在加工表面的终端预先加工出退刀槽或砂轮越程槽 退刀槽一般可按“槽宽×直径”或“槽宽×槽深”的形式标注
凸台、沉孔与凹坑		加工凸台或凹坑结构是为了保证零件间的接触良好，同时减少加工面的面积，降低加工成本
中心孔		加工较长的轴类零件时，为便于定位和装夹，常在轴的一端或两端加工出中心孔 中心孔在图样中可不画出详细结构，只需用规定符号表示 图a采用A型中心孔，$D=4$mm，$D_1=8.5$mm，在完工后是否保留中心孔都可以 图b采用A型中心孔，$D=1.6$mm，$D_1=3.35$mm，在完工后不允许保留中心孔 图c采用B型中心孔，$D=2.5$mm，$D_1=8$mm，在完工后要求保留 中心孔有A型、B型、C型、R型，见附表12

8.5　零件图技术要求

为了使零件达到预定的设计要求，保证零件的使用性能，在零件上还必须注明零件在制造过程中达到的质量要求，即技术要求。例如表面结构要求、尺寸公差、几何公差、材料热处理及表面处理等。

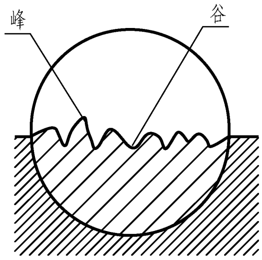
8.5.1　表面结构要求

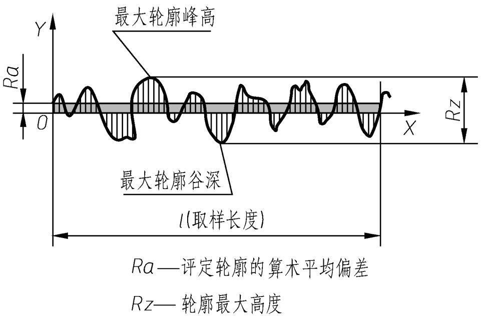
1. 基本概念

表面结构要求是对零件表面粗糙度、波纹度、表面缺陷、表面纹理和表面几何形状要求

的总称，表面结构的各项要求在图样中的表示法在 GB/T 131—2006 中均有规定。

表面粗糙度是表面结构要求中最常用的一种。表面粗糙度是指零件在加工过程中受加工方法等各种因素的影响，加工后的零件表面上具有较小间距的峰谷所组成的微观几何形状特征，如图 8-22a 所示。一般来说，不同的表面粗糙度是由不同的加工方法形成的。表面结构要求是评定零件表面质量的一项重要的指标，对于零件表面的耐蚀性、耐磨性和疲劳强度等能力，零件表面的接触刚度和密封性有很大的影响，是零件图上一项重要的技术要求。





a)　　b)

图 8-22　表面结构要求概念

对于零件表面结构状况的评定，有三类评定参数，即轮廓参数、图形参数和基于支承率曲线的参数。其中轮廓参数是我国在机械图样中最常用的评定参数。在轮廓参数评定粗糙度轮廓（*R* 轮廓）中常用的是 *Ra* 和 *Rz* 两个高度参数（图 8-22b）。

1）*Ra*——评定轮廓的算术平均偏差：在一个取样长度内，轮廓偏距 *y* 绝对值的算术平均值，用 *Ra* 表示。

2）*Rz*——轮廓最大高度：在一个取样长度内，最大轮廓峰高和最大轮廓谷深之和。

国家标准对 *Ra* 的数值做了规定。表 8-3 列出了常用 *Ra* 值，表 8-4 列出了表面结构的特征、加工方法及其应用。

表 8-3　评定轮廓的算术平均偏差 *Ra* 系列值　（单位：μm）

0.012	0.025	0.050	0.100	0.20	0.40	0.80
1.60	3.2	6.3	12.5	25.0	50.0	100

表 8-4　表面结构的特征、加工方法及其应用

Ra/μm	表面微观特征	加工方法	应用举例
>40~80	明显可见刀痕	粗车、粗刨、粗铣、钻、毛锉、粗砂轮加工等	光洁程度最低的加工面，一般很少应用
>20~40	可见刀痕		
>10~20	微见刀痕	粗车、刨、立铣、卧铣、钻等	不接触表面、不重要表面，如螺钉、倒角、机座底面等
>5~10	可见加工痕迹	精车、精铣、精刨、铰、镗、粗磨等	没有相对运动的零件接触面，如箱、盖、套筒要求紧贴的表面、键和键槽工作表面；相对运动速度不高的接触面，如支架孔、衬套、带轮轴孔的工作表面
>2.5~5	微见加工痕迹		
>1.25~2.5	看不见加工痕迹		

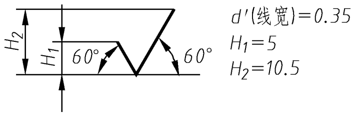
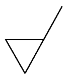
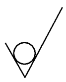
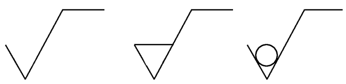
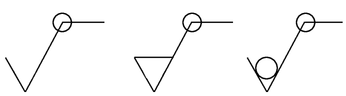
（续）

Ra/μm	表面微观特征	加工方法	应用举例
>0. 63～1. 25	可辨加工痕迹方向	精车、精铰、精拉、精镗、精磨等	要求很好密合的接触面，如与滚动轴承配合的表面、销孔等；相对运动速度较高的接触面，如滑动轴承的配合表面、齿轮轮齿的工作表面
>0. 32～0. 63	微辨加工痕迹方向		
>0. 16～0. 32	不可辨加工痕迹方向		
>0. 08～0. 16	暗光泽面	研磨、抛光、超级精细研磨等	精密量具表面、极重要零件的摩擦面，如气缸的内表面、精密机床的主轴轴颈、坐标镗床的主轴轴颈
>0. 04～0. 08	亮光泽面		
>0. 02～0. 04	镜状光泽面		
>0. 01～0. 02	雾光泽面		
>0. 01	镜面		

2. 表面结构要求的图形符号

表面结构要求的图形符号及其含义见表 8-5。

表 8-5　表面结构要求的图形符号及其含义

符号名称	图形符号形式	含　　义
基本图形符号		基本图形符号，仅用于简化代号标注，没有补充说明时不能单独使用
扩展图形符号		在基本图形符号上加一短划，表示指定表面是用去除材料的方法获得，如通过机械加工获得的表面
		在基本图形符号上加一小圆，表示指定表面是用不去除材料的方法获得，如铸造、锻压方法获得的表面
完整图形符号		在扩展图形符号的长边上加一横线，用于注写有关参数代号和相应数值
具有共同表面结构要求的图形符号		在完整图形符号上加一小圆，表示所有表面具有共同的表面结构要求

3. 表面结构参数

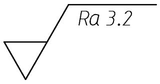
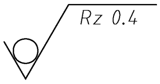
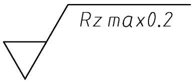
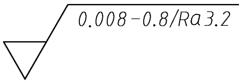
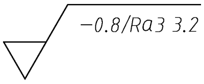
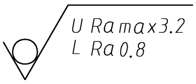
表面结构参数由参数代号和参数值组成，最常用的轮廓参数代号有 Ra、Rp、Rz，参数值有 0. 4、0. 8、1. 6、3. 2、6. 3 等（单位 μm），如 Ra0. 8、Rp1. 6、Rz3. 2 等。

4. 表面结构代号

表面结构图形符号中注写了参数代号和参数值后即称为表面结构代号。表面结构代号示

例及表达含义见表 8-6。

表 8-6　表面结构代号示例及表达含义

代号示例	含　　义
	表示去除材料，单向上限值，默认传输带，*R* 轮廓，评定轮廓的算术平均偏差 3.2μm，其他默认
	表示不允许去除材料，单向上限值，默认传输带，*R* 轮廓，粗糙度最大高度值 0.4μm，其他默认
	表示去除材料，单向上限值，默认传输带，*R* 轮廓，粗糙度最大高度的最大值 0.2μm，其他默认
	表示去除材料，单向上限值，传输带 0.008~0.8mm，*R* 轮廓，评定轮廓的算术平均偏差 3.2μm（其他默认）
	表示去除材料，单向上限值，传输带：根据 GB/T 6062，取样长度 0.8μm（λ_s 默认 0.0025mm），*R* 轮廓，评定轮廓的算术平均偏差 3.2μm，评定长度为 3 个取样长度，其他默认
	表示不允许去除材料，双向极限值，两极限值均使用默认传输带，*R* 轮廓，上限值，评定轮廓的算术平均偏差 3.2μm，评定长度为 5 个取样长度（默认），“最大规则”，下限值，评定轮廓的算术平均偏差 0.8μm，其他默认

注：表中有关基本术语如取样长度、评定长度、传输带及极限值判断规则等，可查阅 GB/T 131—2006。

5. 表面结构要求在图样中的标注

（1）表面结构要求标注规则

1）在同一图样上，每个表面一般只标注一次表面结构代号，并应标注在相应的表面可见轮廓线、尺寸界线或表面的延长线上。

2）表面结构代号的注写和读取方向与标注尺寸的注写和读取方向一致。表面结构要求图形符号的尖角应从零件外指向并接触所标注的表面。当表面结构代号的注写和读取方向与标注尺寸的注写方向和读取方向不一致时，应用带箭头的指引线引出标注。

3）在不引起误解时，表面结构要求可以注写在给定的尺寸线上。

4）表面结构要求可注写在几何公差框格的上方。

表面结构要求在图样上的注写示例见表 8-7。

（2）表面结构要求简化注法规则

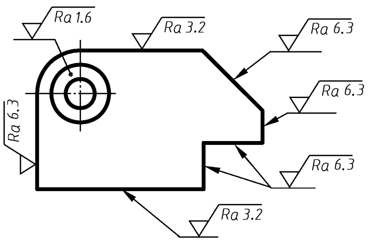
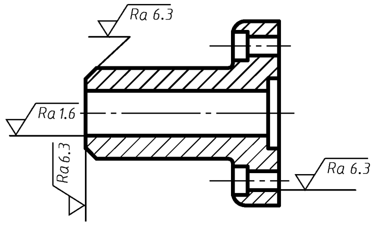
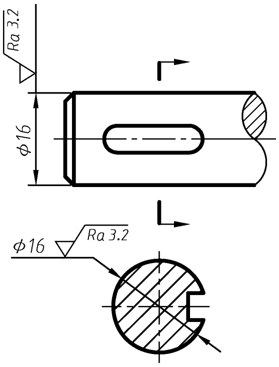
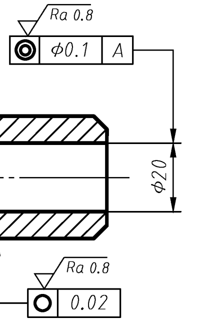
1）有相同表面结构要求的简化注法。如果在工件的多数表面有相同的表面结构要求时，则其表面结构要求可统一注写在标题栏附近。此时，表面结构要求的符号后面应有：

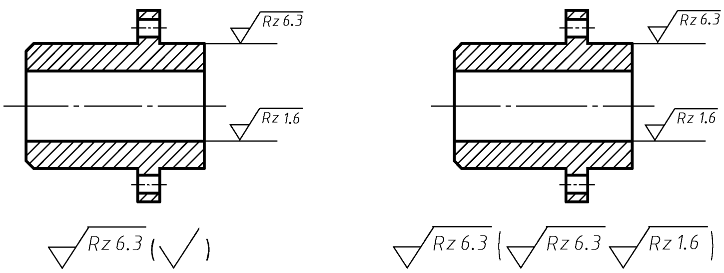
① 在圆括号内给出无任何其他标注的基本符号，如图 8-23a 所示。

② 在圆括号内给出不同的表面结构要求，如图 8-23b 所示。

不同的表面结构要求应直接注写在图形中，如图 8-23 所示。

表 8-7　表面结构要求在图样上的注写示例

方法	图　例	方法	图　例
注写在轮廓线或指引线上		注写在轮廓线的延长线上	
注写在尺寸线的延长线上		注写在几何公差框格上方	



a)　　b)

图 8-23　多数表面有相同表面结构要求的简化注法

2）多个表面有共同要求的注法。用带字母的完整符号的简化注法，如图 8-24a 所示，用带字母的完整符号，以等式的形式，在图形或标题栏附近，对有相同表面结构要求的表面进行简化注写。

只用表面结构符号的简化注法，如图 8-24b 所示，用表面结构符号，以等式的形式给出对多个表面共同的表面结构要求。

3）两种或多种工艺获得的同一表面的注法。由几种不同的工艺方法获得的同一表面，当需要明确每种工艺方法的表面结构要求时，可按图 8-25a 所示进行注写（图中 Fe 表示基体材料为钢，Ep 表示加工工艺为电镀）。

图 8-25b 所示为三个连续的加工工序的表面结构、尺寸和表面处理的注法。

第一道工序：单向上限值，$Rz = 1.6$，“16% 规则”（默认），评定长度、传输带（默认），表面纹理没有要求，去除材料加工工艺。

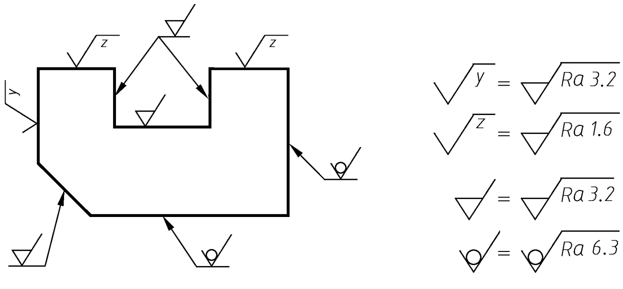


图 8-24　多个表面有共同要求的简化注法

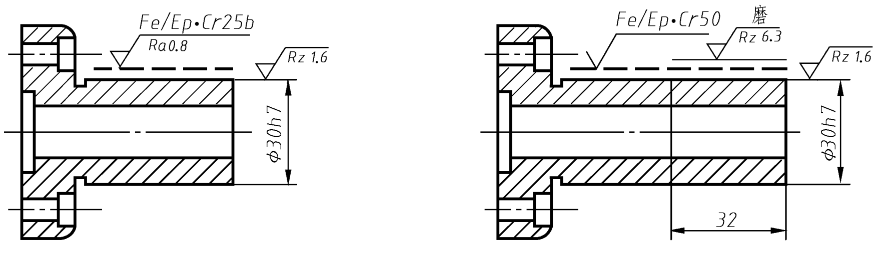


图 8-25　多种工艺获得的同一表面的注法

第二道工序：镀铬，无其他表面结构要求。

第三道工序：一个单向上限值，仅对长为 32mm 的圆柱表面有效，Rz = 6. 3，“16%规则”（默认），评定长度、传输带（默认），表面纹理没有要求，磨削加工工艺。

8. 5. 2　极限与配合

1. 零件互换性

所谓零件互换性，就是在一批相同规格的零件中任取一个，不需加工或修配就能够装配使用，并能保证使用性能要求的性质称为零件互换性。零件具有互换性，不但给装配、修理机器带来方便，还可以提高产品的数量和质量，同时降低产品的生产成本。要满足零件互换性，必然要求尺寸的准确性，但在实际生产中并不是每一个零件都准确地加工成一个指定的尺寸，而只是将其限定在一个合理的范围内变动，以满足不同的使用要求，由此产生了极限与配合技术制度。

2. 尺寸公差基本概念

在加工过程中，不可能把零件的尺寸加工得绝对准确。为了保证零件互换性，必须将零件尺寸的加工误差限制在一定的范围内，规定加工尺寸的可变动量，这种规定的零件实际尺寸允许的变动量称为尺寸公差，简称公差。

尺寸公差术语图解如图 8-26 所示。

（1）公称尺寸　由图样规范确定的理想形状要素的尺寸。

（2）实际尺寸　零件加工后通过测量所得到的尺寸。

（3）极限尺寸　允许尺寸变动的两个极限值。它以公称尺寸为基数来确定。两个极限

值中较大的一个称为上极限尺寸；较小的一个称为下极限尺寸。

（4）尺寸偏差（简称偏差）　某一尺寸减其相应的公称尺寸所得的代数差。尺寸偏差有：

上极限偏差 = 上极限尺寸 − 公称尺寸

下极限偏差 = 下极限尺寸 − 公称尺寸

上、下极限偏差统称极限偏差。上、下极限偏差可以是正值、负值或零。

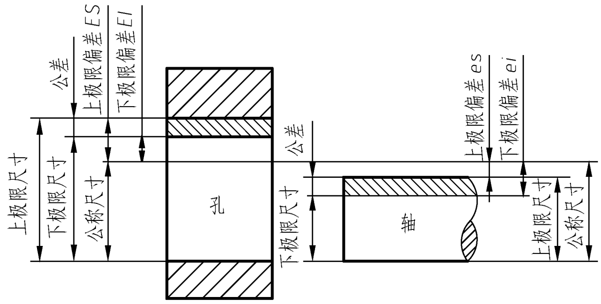


图 8-26　尺寸公差术语图解

国家标准规定：孔的上极限偏差代号为 ES，孔的下极限偏差代号为 EI；轴的上极限偏差代号为 es，轴的下极限偏差代号为 ei。

（5）基本偏差　用以确定公差带相对于零线位置的上极限偏差或下极限偏差。一般是指靠近零线的那个偏差。根据实际需要，国家标准分别对孔和轴各规定了 28 个不同的基本偏差，用大写字母代表孔（EI、ES），小写字母代表轴（ei、es）。基本偏差系列如图 8-27 所示。孔和轴的基本偏差数值查附表 15 和附表 16。

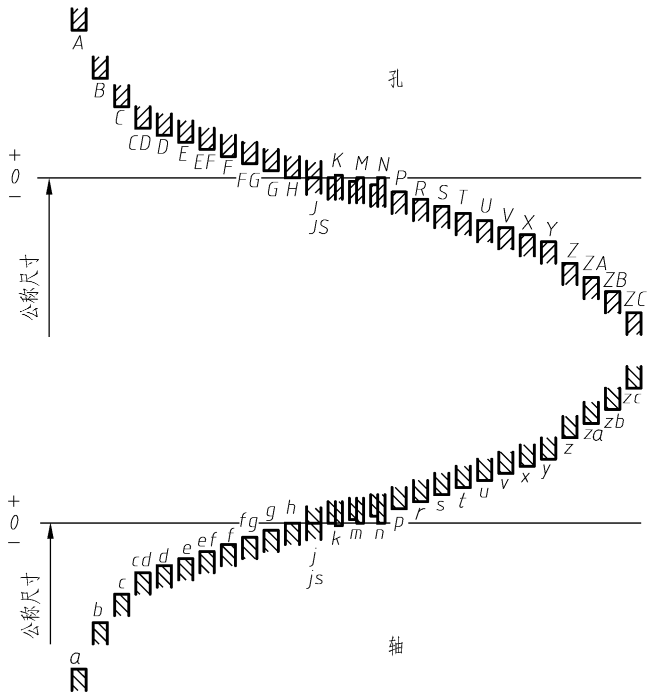


图 8-27　基本偏差系列

（6）尺寸公差（简称公差）允许尺寸的变动量。

尺寸公差 = 上极限尺寸 − 下极限尺寸 = 上极限偏差 − 下极限偏差

因为上极限尺寸总是大于下极限尺寸，所以尺寸公差一定为正值。

（7）公差带和零线　由代表上、下极限偏差的两条直线所限定的一个区域称为公差带，即限制加工尺寸变动量的区域。为了便于分析，一般将尺寸公差与公称尺寸的关系按放大比例画成简图，称为公差带图。在公差带图中，用来表示公称尺寸一条直线，即零偏差线，简称零线，以其为基准确定偏差和公差。公差带图如图 8-28 所示。

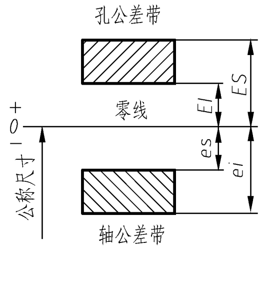


图 8-28　公差带图

（8）标准公差等级　国家标准极限与配合中所规定的任一公差。在公称尺寸至 500mm 内，标准公差等级分为 20 级，分别用 IT01、IT0、IT1 ~ IT18 表示。“IT”为国际公差代号，标准公差等级用阿拉伯数字表示。IT01 公差值最小，标准公差等级最高，IT18 公差值最大，标准公差等级最低。标准公差等级数值可查附表 14。

孔、轴的尺寸公差标注是由公称尺寸、基本偏差与标准公差等级代号组成，并且要用同一号字母书写。例如 ϕ50H8 的含义是：公称尺寸为 ϕ50mm，标准公差等级为 8 级，基本偏差为 H 的孔的公差带。又如 ϕ50f7 的含义是：公称尺寸为 ϕ50mm，标准公差等级为 7 级，基本偏差为 f 的轴的公差带。

3. 配合的基本概念

公称尺寸相同并且相互结合的孔与轴公差带之间的关系称为配合。

（1）配合种类　根据配合的松紧程度，国家标准将配合种类分为三类：

1）间隙配合。具有间隙的配合（包括最小间隙为零），此时孔的公差带在轴的公差带之上，如图 8-29 所示。

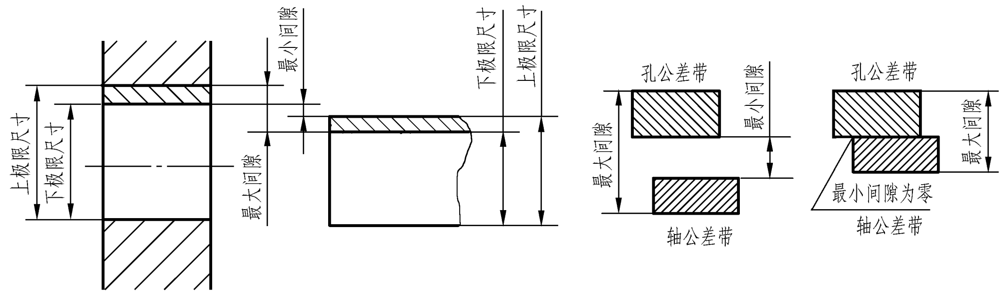


图 8-29　间隙配合

2）过盈配合。具有过盈的配合（包括最小过盈为零），此时孔的公差带在轴的公差带之下，如图 8-30 所示。

3）过渡配合。可能有间隙，可能有过盈的配合。此时孔和轴的公差带相互交叠，如图 8-31 所示。

（2）配合制　同一极限制的孔和轴组成的一种配合制度，国家标准规定了两种：

1）基孔制配合。基本偏差为一定的孔的公差带，与不同基本偏差的轴的公差带构成各种配合的一种制度称为基孔制配合，如图 8-32 所示。

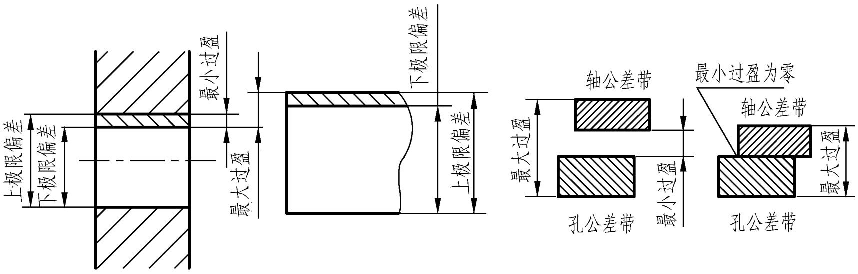


图 8-30　过盈配合

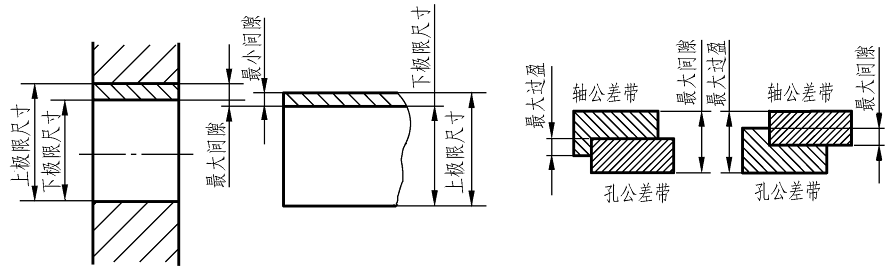


图 8-31　过渡配合

基孔制配合的孔称为基准孔，国家标准规定基准孔的下极限偏差为零，用代号“H”表示。

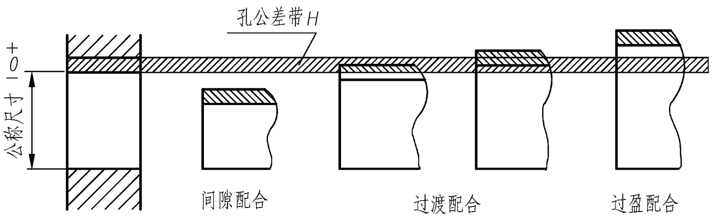


图 8-32　基孔制配合

2）基轴制配合。基本偏差为一定的轴的公差带，与不同基本偏差的孔的公差带构成各种配合的一种制度称为基轴制配合，如图 8-33 所示。

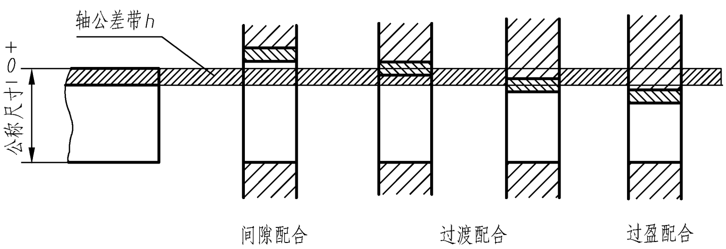


图 8-33　基轴制配合

基轴制配合的轴称为基准轴。国家标准规定基准轴的上极限偏差为零，用代号“h”表示。

4. 极限与配合在图样上的标注

（1）在装配图上的标注　在装配图上标注极限与配合时，其代号必须注在公称尺寸的右边，用分数形式注出，分子为孔的公差带代号，分母为轴的公差带代号。其注写形式有三种，如图 8-34 所示。

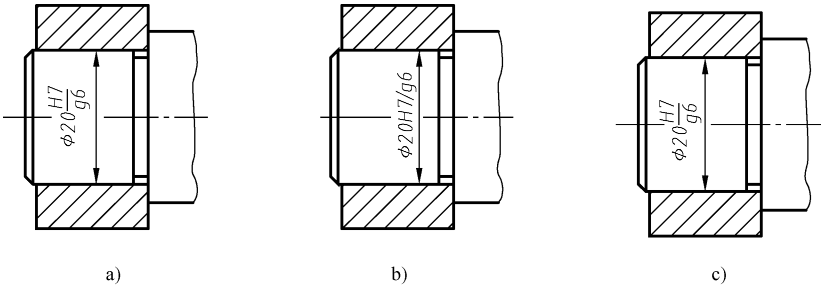


图 8-34　配合代号在装配图上标注的三种形式

（2）在零件图上的标注　用于大批量生产的零件图，可以只注公差带代号，如图 8-35a 所示。用于中小批量生产的零件图，一般只注出极限偏差，如图 8-35b 所示。如需要同时注出公差带代号和对应的极限偏差时，应将极限偏差加上括号，如图 8-35c 所示。

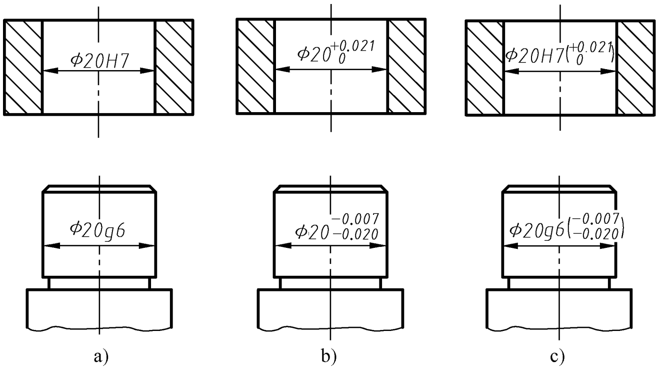


图 8-35　公差带代号、极限偏差在零件图上标注的三种形式

8. 5. 3　几何公差

1. 几何公差的基本概念

评定零件质量的因素是多方面的，不仅零件的尺寸会影响零件的质量，零件的几何形状和结构的位置也会大大影响零件的质量。图 8-36a 所示为一理想形状的销轴，而加工后的实际形状则是轴线变弯了（图 8-36b），因而产生了直线度误差，这就是形状误差。又如，图 8-37a 所示为一阶梯轴，加工后出现各轴段的轴线不在同一直线上的情况（图 8-37b），因而产生了同轴度误差，这就是位置误差。

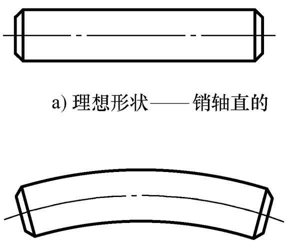


图 8-36　形状误差

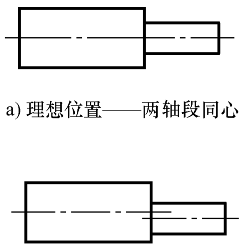


图 8-37　位置误差

如果零件存在严重的几何误差，致使装配质量降低，影响机器的性能。因此，对于精度要求较高的零件，除给出尺寸公差外，还应根据设计要求，合理地确定出几何误差的最大允许值。例如图 8-38 中的 ϕ0. 08mm，即销轴轴线必须位于直径为公差值 ϕ0. 08mm 的圆柱面内，又如图 8-39 中的 0. 05mm，即上表面必须位于距离为公差值 0. 05mm 且平行于基准平面 *A* 的两平行平面之间。

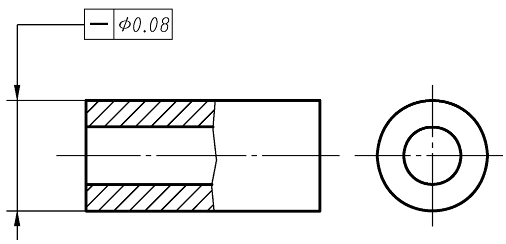


图 8-38　直线度公差

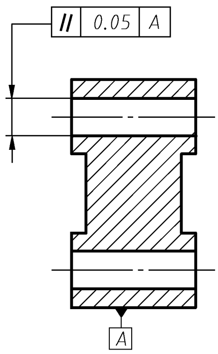


图 8-39　平行度公差

2. 几何公差的类型及特征符号

几何公差的类型及特征符号见表 8-8。

3. 几何公差的代号

几何公差的代号包括：几何特征符号、公差框格、公差值、基准等，如图 8-40 所示。

（1）公差框格　公差框格用细实线画出，并水平绘制，框格高度是图样中尺寸数字高度的两倍，它的长度视需要而定。框格中的数字、字母、符号与图样中的数字等高。用带箭头的指引线将被测要素与公差框格一端相连。

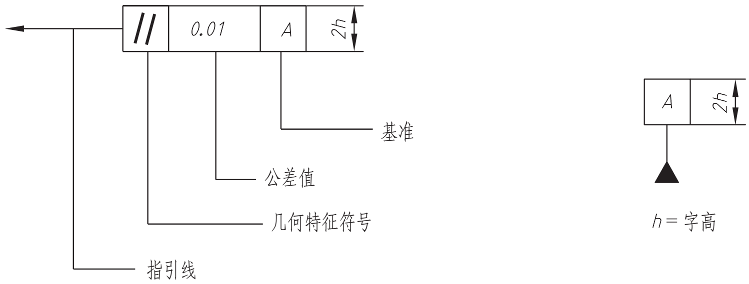
（2）被测要素

1）当公差涉及被测要素的中心线、中心面或中心点时，指引线箭头应位于相应尺寸线的延长线上，如图 8-41a 所示。

2）当公差涉及轮廓线或轮廓面时，箭头指向该要素的轮廓线或其延长线上，并应明显地与尺寸线错开，如图 8-41b 所示。箭头也可以指向引出线的水平转折线，引出线引自被测面，如图 8-41c 所示。

表 8-8　几何公差的类型及特征符号

公差类型	几何特征	符号	有无基准
形状公差	直线度	⏤	无
	平面度	⏥	无
	圆度	○	无
	圆柱度	⌭	无
	线轮廓度	⌒	无
	面轮廓度	⌓	无
方向公差	平行度	//	有
	垂直度	⊥	有
	倾斜度	∠	有
	线轮廓度	⌒	有
	面轮廓度	⌓	有
位置公差	位置度	⌖	有或无
	同轴度（用于轴线）	◎	有
	对称度	⌯	有
	线轮廓度	⌒	有
	面轮廓度	⌓	有
跳动公差	圆跳动	↗	有
	全跳动	⌰	有



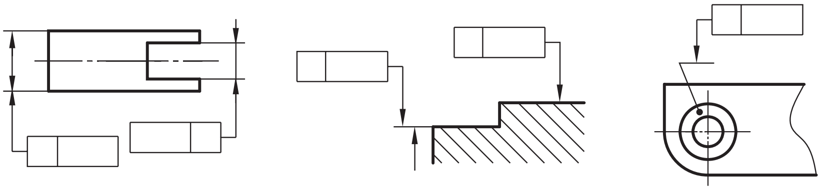
a) 几何公差框格　　b) 基准符号

图 8-40　几何公差代号及基准符号

（3）基准要素

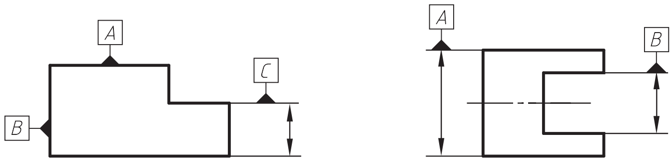
1）当基准要素为轮廓线或轮廓面时，基准三角形放置在基准要素的轮廓线或其延长线上，并应明显地与尺寸错开，如图 8-42a 所示。

2）当基准要素为确定的轴线、中心点或中心平面时，基准三角形放置在该尺寸的延长线上，如果没有足够的位置标注基准要素尺寸的两个箭头，则其中一个箭头可以用基准三角形代替，如图 8-42b 所示。



a)　　b)　　c)

图 8-41　被测要素标注示例



a)　　　　b)

图 8-42　基准要素标注示例

4. 几何公差标注示例及其含义

几何公差标注示例如图 8-43 所示。图 8-43 中几何公差标注的含义见表 8-9。

表 8-9　图 8-43 中几何公差标注的含义

符号	几何特征	公差值/mm	被测要素	基准要素
∥ 0.05 A	平行度	0. 01	零件左端面	零件右端面
↗ 0.015 B	圆跳动	0. 015	ϕ100h6 圆柱面	ϕ45P7 孔轴线
○ 0.004	圆度	0. 004	ϕ100h6 圆柱面	无

图 8-44 中所标注的几何公差含义请自行分析。

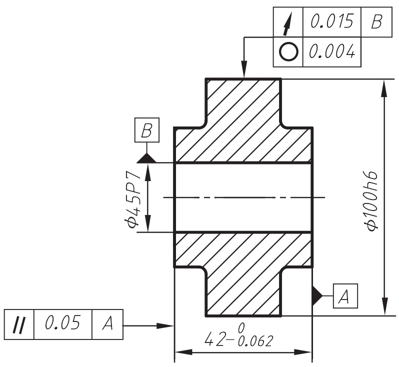


图 8-43　几何公差标注示例（一）

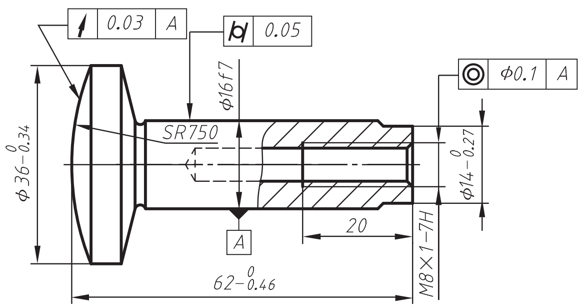


图 8-44　几何公差标注示例（二）

8. 6　读零件图

在生产实际工作中，读零件图是一项非常重要的工作，工程技术人员必须具备熟练阅读零件图的能力。读零件图就是根据零件图样，经过思考、分析、想象，认识了解零件的形状结构，弄清零件的尺寸大小、制造检验的技术要求等。

8. 6. 1　读零件图的要求

1）了解零件的名称、用途、比例、材料和数量等。

2）弄清零件各部分结构形状的特征以及它们之间的相对位置关系。

3）分析了解零件各部分结构形状的尺寸大小及尺寸基准。

4）读懂零件技术要求，了解零件的加工工艺与方法。

8.6.2　读零件图的方法

（1）读标题栏　首先读标题栏，了解零件的名称、材料、比例等，对零件有个概括了解。

（2）分析视图　根据视图布局，首先确定主视图，围绕主视图分析与其他视图的关系。对于剖视图、断面图要找到剖切位置及投射方向，对于局部视图和局部放大图要找到被表达的部位，弄清楚各个视图之间的投影关系，弄清各个视图所表达的重点。

（3）想象形状　结合视图应用形体分析法、线面分析法，将零件按功能和结构分解为主体、安装、连接、细部等部分，然后弄清每一部分在各个视图中的投影范围与各部分之间的相对位置，接着想象各部分的形状结构，最后加以综合，想象出零件的整体形状。

（4）分析尺寸　根据零件的形体结构，分析确定零件的长、宽、高三个尺寸方向的主要基准，找出各部分的定形和定位尺寸，弄清各个尺寸的作用，以及哪些是主要尺寸及主要加工面，对零件尺寸进行全面的了解。

（5）分析技术要求　了解清楚表面结构要求、尺寸公差、几何公差、热处理及检验等方面所提出的技术要求，弄清主要加工表面及精度要求。

（6）综合归纳　综上所述，将零件视图、尺寸标注及技术要求综合归纳起来，全面地读懂零件图，全面地了解和掌握零件图所表达的全部内容。

在实际读零件图过程中，上述步骤经常是穿插进行的。

8.6.3　读零件图举例

图 8-45 所示为齿轮箱体零件图，具体读图过程如下：

1. 读标题栏

通过读标题栏可知，该零件的名称为齿轮箱体，材料为 HT200，图形比例为 1 ∶ 3。结合参阅资料等了解到该齿轮箱体为蜗轮蜗杆减速器的主体零件，用来安装和支承蜗轮、蜗杆、蜗轮轴等零件，它具有铸件的特点和工艺结构。

2. 分析视图

通读零件图，共有五个视图组成。其中主、俯、左为三个基本视图，主视图采用了沿对称面剖切的全剖视图，俯视图采用了沿 *C—C* 剖切的半剖视图，左视图采用了局部剖视图（主视图因剖切平面通过零件前后的对称平面，故省略了标注）；另采用了 *A* 向和 *B* 向的局部视图，以表达基本视图上没有表达清楚的局部结构；此外，在主视图上还采用了一个重合断面图，以表达肋的断面形状。

3. 想象形状

按形体分析法，先从主视图入手，利用主、俯、左视图分析，可将齿轮箱体大致分为四个部分，即左方为装配蜗轮蜗杆的空腔壳体，右上方为装配蜗轮轴的圆筒（相对于轴承座），下方为安装底板，右下方为连接底板、壳体和圆筒的肋。

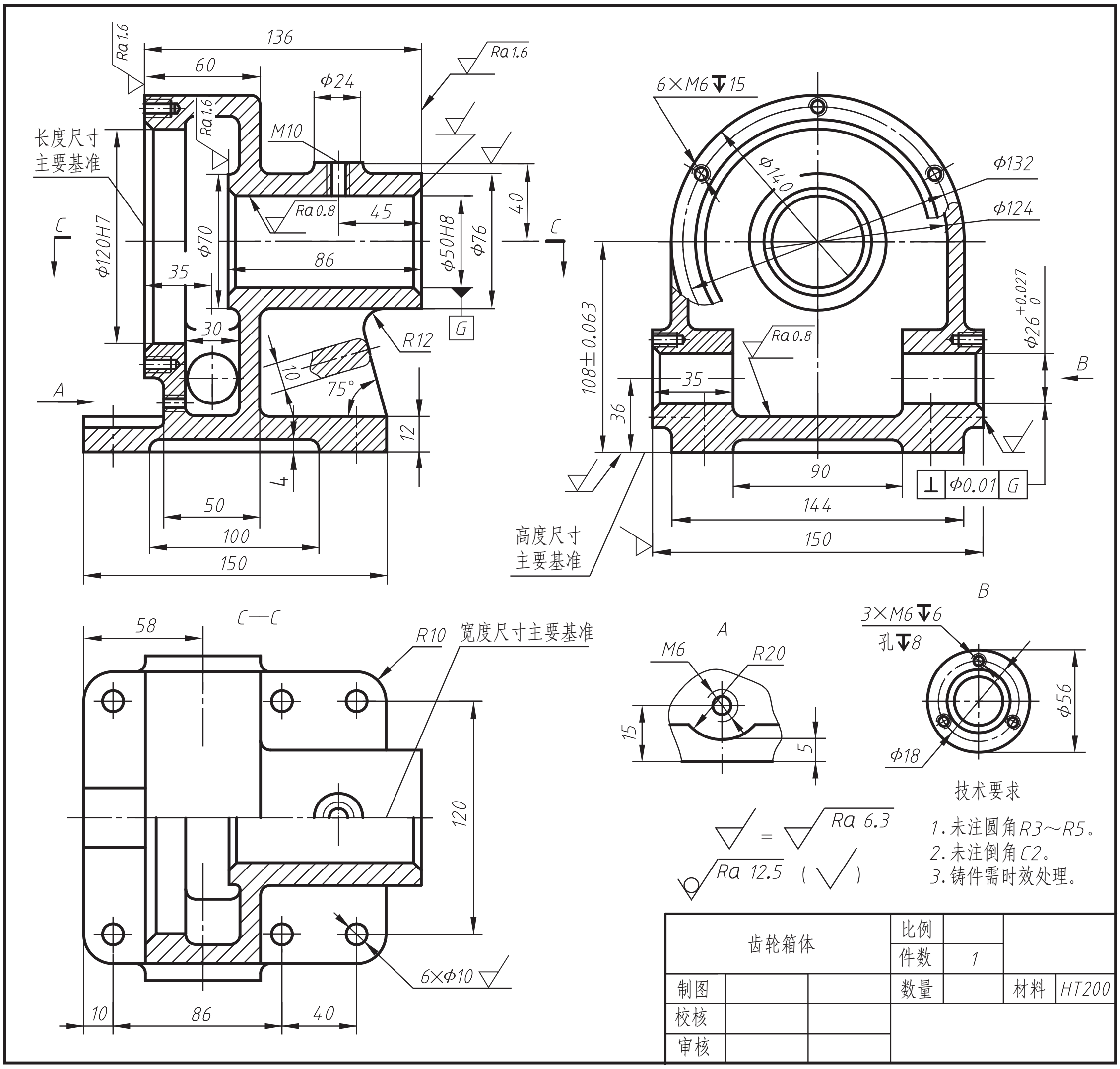


图 8-45　齿轮箱体零件图

以主视图对照俯、左视图分析，可知空腔壳体外形的上部为半圆形，下部为长方形，内腔也是相似的形状。壳体上部的圆柱形内腔用于安装蜗轮。对照左视图可知壳体左端面上有六个螺孔，用来与齿轮箱端盖连接之用。壳体下部为了支承蜗杆轴，所以在前、后都设置有轴孔，该轴孔的端面凸缘外形可从 *B* 向视图看出，其圆筒右端面上有三个均布的螺孔。右上方的空心圆柱的轴孔主要用于支承蜗轮轴，其上方有一螺孔凸台，是用来安装油杯的。下部底板可从主、俯、左视图看出为一个带有圆角的正方形板，在板的底部有长方形凹槽，底板上还有六个螺孔可将齿轮箱体安装到其他部件或基座上。右下方的肋用来加强齿轮箱体连接的刚性，它的形状和位置可从主视图及其重合断面图弄清。

通过上述对齿轮箱体各组成部分的结构形状以及位置关系分析，即可想象出齿轮箱体的整体结构形状。图 8-46 所示为齿轮箱体轴测图。

4. 分析尺寸

从零件图中所注的尺寸分析，齿轮箱体的长度方向主要尺寸基准为空腔壳体的左端面（该面和端盖面结合）；宽度方向主要尺寸基准为箱体的前后对称面（俯、左视图中的中心对称线）；高度方向的主要尺寸基准是底板的底面（安装面）。由此可知，从这些基准出发所注的尺寸均是齿轮箱体的主要尺寸或重要尺寸，如主视图中以基准标注的长度尺寸有 35mm、60mm、136mm；宽度方向尺寸以基准标注的有 80mm、90mm、144mm、150mm、120mm 等；高度方向尺寸以基准标注的有 12mm、36mm、(108±0. 063)mm 等。

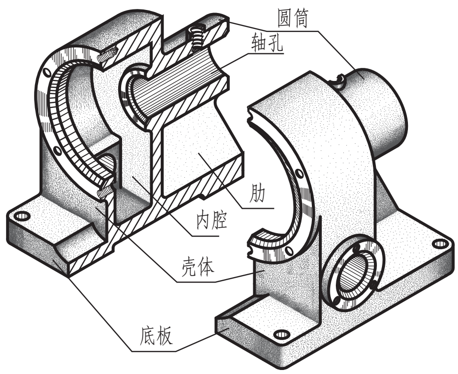


图 8-46　齿轮箱体轴测图

5. 分析技术要求

从图中可知，支承蜗轮、蜗杆的轴孔都给出了尺寸公差代号，均为基孔制配合的基准孔。为保证蜗轮、蜗杆轴线之间的尺寸精度，提出了垂直度的方向公差要求。此外，因蜗轮、蜗杆轴孔都是要求精确定心的重要的配合表面，所以这些表面的精度要求都比较高，其 *Ra* 的上限值均为 0. 8μm，必须经过磨削等精加工才能获得。文字技术要求说明该齿轮箱体未注圆角为 *R*3~*R*5mm 等。

6. 综合归纳

最后将零件的各部分结构形状、尺寸大小、工艺结构和技术要求等内容综合归纳起来分析，就能够全面彻底弄清齿轮箱体的全貌，达到读懂零件图的目的。

本 章 小 结

主要内容和重点：

本章主要介绍零件视图的选择及典型零件视图的分析、零件的工艺结构及其画法、零件图的尺寸标注、零件的技术要求、读零件图等内容。

学习要求：

零件图是本课程的主干内容，是学习机械制图的主要目的和任务。学习本课程应了解和掌握下面的知识要点。

1）了解零件图的作用和内容，能进行典型零件视图选择的分析，掌握零件视图的选择方法。

2）了解零件图尺寸标注的要求和尺寸基准，能正确选择尺寸基准并且正确、合理地标注零件图的尺寸。

3）了解零件技术要求的类型和作用，弄清技术要求的含义，能正确清楚地标注零件的技术要求，会查阅有关技术要求国家标准及资料。

4）熟悉零件上常见的工艺结构，掌握常见工艺结构的画法和标注。

5）了解绘制和识读零件图的方法与步骤，能绘制和识读一般的零件图。

第 9 章

装　配　图

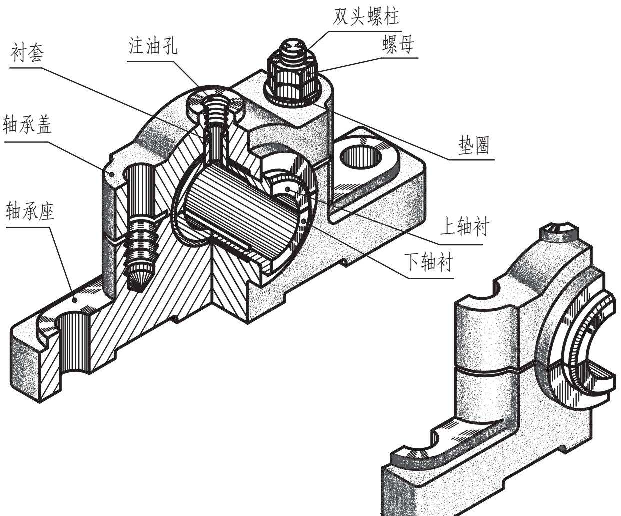
任何一台机器或部件，都是由若干个零件按一定的装配关系和技术要求装配而成的。用以表达机器或部件的构造，零件之间的装配关系、工作原理以及装配技术要求的图样称为装配图。

9.1　装配图概述

9.1.1　装配图的作用

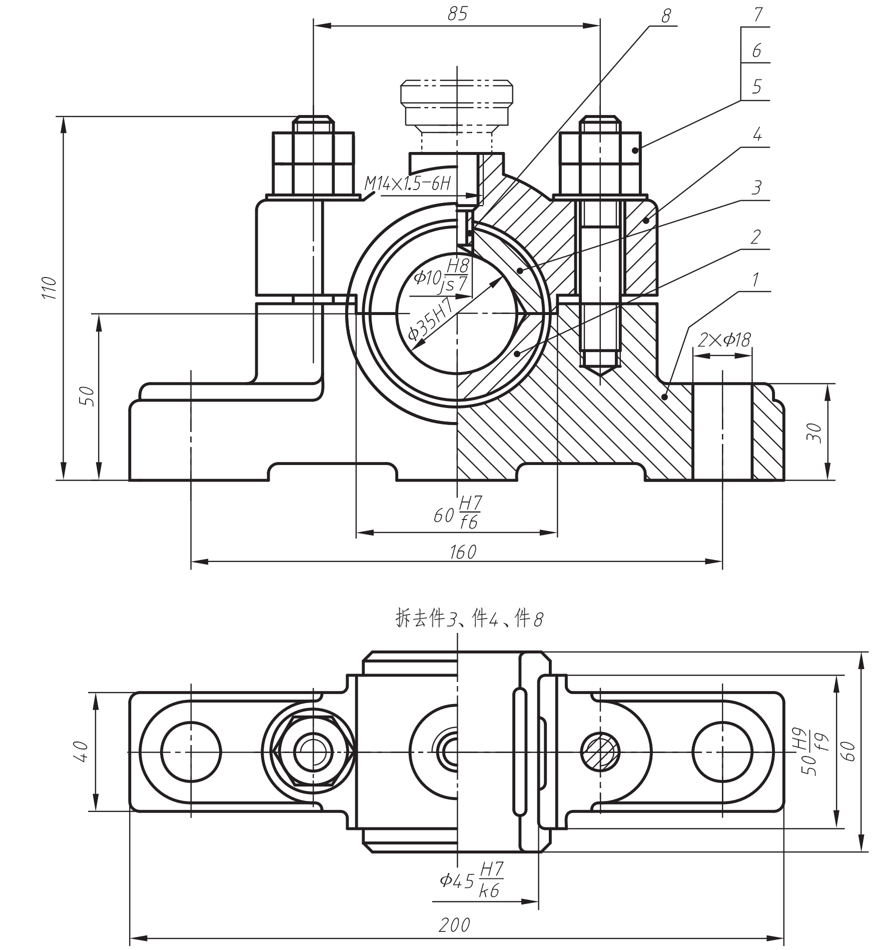
在产品的设计阶段，一般要先画好装配图，然后根据装配图设计绘制出零件图。在机器或部件的装配过程中要依据装配图指导零件之间的装配，并依据装配图的要求进行调试、检验和安装。在使用产品时，装配图又是了解产品结构、进行产品调试、维修的主要依据。因此，装配图是产品设计、生产、使用和维修等方面的重要技术文件。

图 9-1 所示为滑动轴承及其装配图。



a) 轴测图

图 9-1　滑动轴承及其装配图



技术要求

1. 零件用煤油清洗，工作面涂一层薄干油。
2. 安装调试运转灵活。
3. 外表涂漆防腐。

序号	名称	数量	材料	备注
4	轴承盖	1	HT150	
3	上轴衬	1	ZCuAl10Fe3	
2	下轴衬	1	ZCuAl10Fe3	
1	轴承座	1	HT150	
8	衬套	1	45	
7	螺母M12	4		GB/T 6170
6	双头螺柱 M12×70	2		GB/T 898
5	垫圈12	2		GB/T 97.1

滑动轴承	比例		共1张	
	数量			
制图				
审核				

b) 滑动轴承装配图

图 9-1 滑动轴承及其装配图（续）

9.1.2 装配图的内容

从图 9-1b 可读出，一张完整的装配图应具有下列内容：

（1）一组视图　表达机器或部件的工作原理、装配关系及零件的主要结构形状。

（2）必要的尺寸　反映机器或部件的性能、规格、安装位置、零件之间的相对位置大小及配合要求等方面的尺寸。

（3）技术要求　用规定符号或文字注明机器或部件的质量、装配、检验、使用和维护

等方面的要求。

（4）零件序号、明细栏和标题栏　在装配图中对机器或部件的所有零件按照装配顺序进行编号，并在明细栏中填写相应的序号、名称、材料、规格等方面的内容。

9.2　装配图规定画法及特殊画法

零件图的各种表达方法在装配图中同样适用，但由于装配图所表达的目的与零件图不同，因此国家标准中规定了有关装配图的规定画法。

9.2.1　装配图规定画法

（1）相邻零件轮廓线的画法　两零件的接触面或配合（包括间隙配合）面，规定只画一条线。而非接触面、非配合面应画两条线（间隙小可采用夸大画法），如图 9-2 所示。

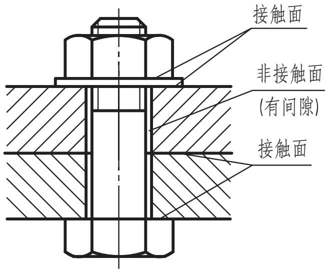


图 9-2　相邻零件轮廓线的画法

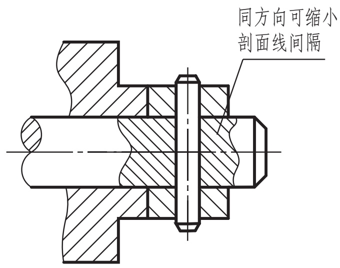


图 9-3　相邻零件剖面线的画法

（2）相邻零件剖面线的画法　相邻两零件的剖面线倾斜方向应相反，或倾斜方向相同但间距不同，如图 9-3 所示。同一零件在各视图上的剖面线方向应一致，间隔也要相同。宽度小于或等于 2mm 狭小区域的剖面线，可以涂黑代替，如图 9-4 中的垫片。

（3）实心杆件、标准件的画法　在装配图上作剖视时，当纵向剖切且剖切平面通过标准件（螺母、螺钉、垫圈等）或实心件（轴、杆、柄、球等）的基本轴线时，这些零件按不剖画出（只画外形），如图 9-1b 中主视图右半剖视图中的螺母、垫圈、双头螺柱的画法。

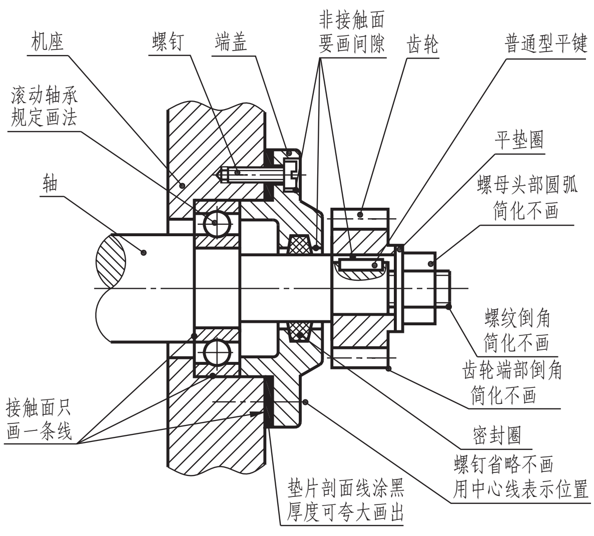


图 9-4　装配图中的规定画法和简化画法

9.2.2　装配图特殊画法

1. 拆卸画法

对于某视图上已表达清楚的零件，如在另一视图上重复出现，或其图形将影响后面零件

的表达时，可假想将该零件拆去不画，称为拆卸画法。如图 9-1b 中的俯视图，是将轴承盖、上轴衬、螺套沿对称中心线拆去一半后画出的。它相当于沿着轴承盖与轴承座的结合面而作的半剖视图。

对于拆去零件的视图，可在视图上方标注“拆去××”。当拆去零件明显时，也可省略不注。

2. 假想画法

对于与某部件相关但不属于该部件的零件，可用双点画线画出其轮廓，以利于表达该部件的装配关系和工作原理，如图 9-1 中的油杯。对于表达某零件在装配体中的运动范围或极限位置，也可用双点画线画出其轮廓，如图 9-5 所示。

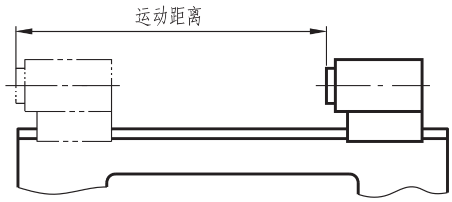


图 9-5　运动零件极限位置的假想画法

3. 简化画法

1）装配图中，零件的工艺结构如小圆角、倒角、退刀槽等可省略不画。

2）对于装配图中若干相同的零件组，可以详细画出一组或几组，其余只需用点画线表示其装配位置，如图 9-4 中的螺钉连接。

3）装配图中的螺栓、螺母、滚动轴承等均可采用简化画法，滚动轴承也可采用示意画法。如图 9-4 中的螺钉画法。

4）遇有斜度、锥度很小的零件，可不按实际情况画出。

4. 夸大画法

当薄片零件、细丝弹簧、微小间隙无法按照实际尺寸画出时，可采用夸大画法，适当将其加粗、加厚、放大画出。

9.3　装配图视图的选择及画法

9.3.1　装配图视图的选择

装配图的作用是表达机器或部件的工作原理、装配关系以及主要零件的结构形状等。视图选择的目的和要求是以最少的视图，完整、清晰地表达出机器或部件的装配关系和工作原理。视图选择的方法是：

1. 机器或部件分析

对机器或部件的工作原理、装配关系以及主要零件的结构形状、零件之间的相对位置、定位方式等进行深入细致的分析。如图 9-1 所示的滑动轴承是用来支承传动轴的部件，为了减少轴在轴承孔内转动时的摩擦力，在轴承盖与轴承座之间装有铸造铜合金轴衬，并通过轴承盖上安装的油杯注入润滑油。轴衬做成两半，用一衬套由轴承盖顶面的孔插入上轴衬的油孔内，使轴衬定位，以防止轴衬随轴转动而使油孔错位。轴承盖与轴承座由两组双头螺柱加以连接，既保证了对部件的性能要求，又可在轴衬磨损时便于拆装更换。

2. 确定主视图

主视图的选择应符合机器或部件的工作位置，应能明显地反映该机器或部件的形状特征，并尽可能反映零件之间的装配关系、零件的主要结构形状及机器或部件的工作原理。主

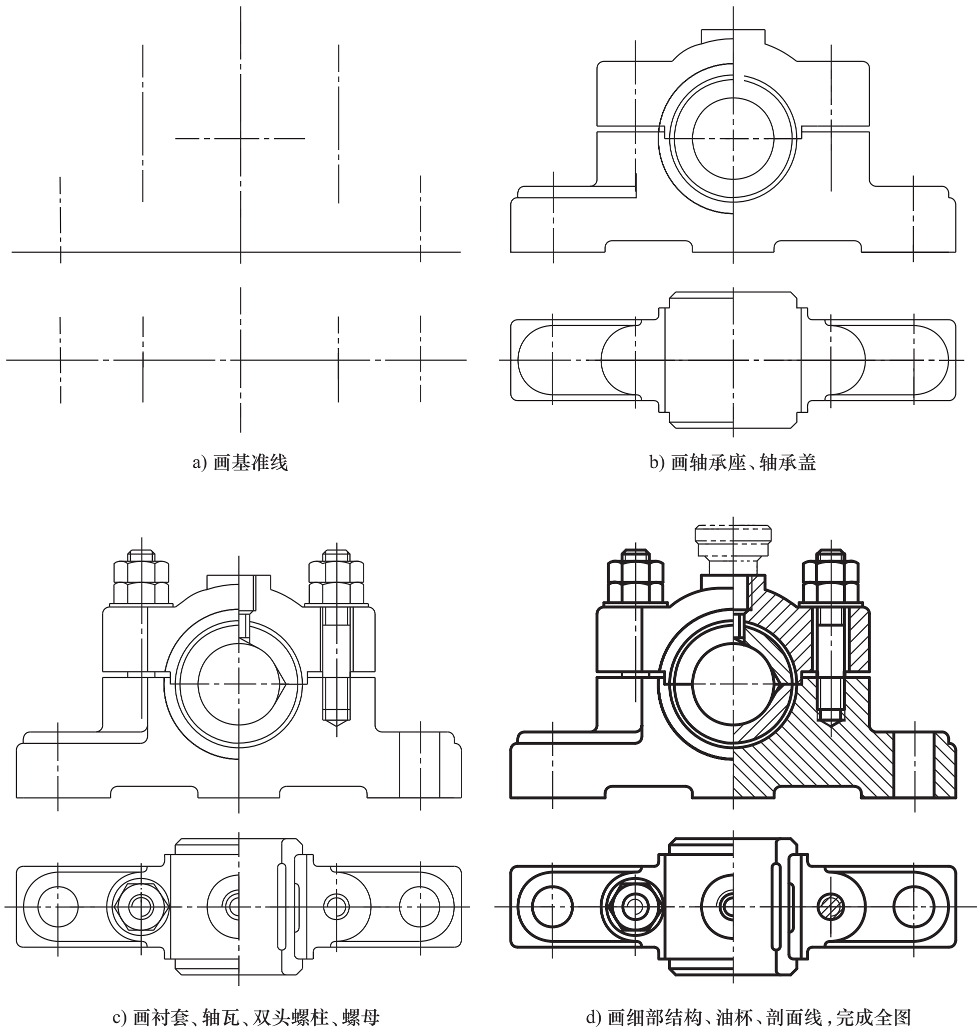
视图通常取剖视图，以表达零件内部的主要装配干线（如工作系统、传动路线）。图 9-1b 中是按滑动轴承的工作位置选择了主视图，并采用了半剖视图，既明显地反映出滑动轴承的形状结构特征，又将零件间相对位置及配合连接关系表达清楚。

3. 其他视图的选择

其他视图选择的目的是补充主视图尚未表达或表达不够充分的部分，如滑动轴承的结构相对简单，只选择了主、俯视图。一般情况下，机器或部件中的每一种零件至少应在视图中出现一次。如图 9-1b 中俯视图采用了拆卸画法，侧重表达轴承座、轴承盖等主要零件的外形和轴衬孔内的油槽结构。

9.3.2　装配图的画法

画装配图时，一般应先画装配草图，经审查修订后方可正规作图。以图 9-1b 所示滑动轴承装配图为例，画图步骤如下：



a) 画基准线　　b) 画轴承座、轴承盖

c) 画衬套、轴瓦、双头螺柱、螺母　　d) 画细部结构、油杯、剖面线，完成全图

图 9-6　滑动轴承装配图的画图步骤

1）定比例、选图幅、合理布局。画图的比例及图纸幅面尺寸，应根据装配图的尺寸、复杂程度及所确定的表达方案而定。还要考虑尺寸标注、编注序号、明细栏等所占的位置。视图布局通过画装配体的基准面（底面、侧面、前后面）、基准线（中心线、对称线）以及装配件总体尺寸来安排，如图 9-6a 所示。

2）依次画主要零件或较大零件的轮廓，如图 9-6b 画的是轴承座和轴承盖。画每一个零件视图时，均应在各视图中按各部分投影关系同时进行。

3）画其他零件及各零件的细节部分，如图 9-6c 画的是双头螺柱和衬套等零件。

4）检查校核全图，加粗描深图线，完成装配图，如图 9-6d 所示。

9.4 装配图尺寸标注和技术要求

9.4.1 装配图尺寸标注

装配图应标注以下几类尺寸：

1. 性能尺寸（规格尺寸）

性能尺寸表明装配体的性能和规格大小。如图 9-1b 中滑动轴承孔的直径 ϕ35H7，它反映了所支承的轴径。

2. 装配尺寸

装配尺寸表明装配体上相关零件之间的装配关系，主要有：

（1）配合尺寸　如图 9-1b 中的 ϕ35H7、ϕ60H7/f6、ϕ45H7/k6。

（2）主要轴线的定位尺寸　如图 9-1b 中轴孔的中心高 50mm，两双头螺柱中心距 85mm。

3. 安装尺寸

标注安装尺寸是为了将该部件安装到基座或机器的某个部位上，它是在基座或机器的某个部位上加工相同直径的孔和两孔中心距所必需的尺寸，以完成该部件在基座或机器的某个部位上的螺栓连接。如图 9-1b 中轴承座底板上两安装孔的直径 ϕ18mm 和两孔中心距 160mm。

4. 总体尺寸

总体尺寸是指装配体总长、总宽、总高的尺寸。它是表示装配件包装、安装所占用体积在设计时所需要的尺寸，如滑动轴承的总长 200mm、总宽 60mm、总高 110mm。

5. 其他主要尺寸

其他主要尺寸是指设计时经过计算而确定的尺寸。如图 9-13 齿轮泵装配图中根据齿轮模数、齿数计算出来的两齿轮的中心距（28.76±0.016）mm。影响输入输出油的流量和压力的进、出油口的直径 G3/8。

9.4.2 装配图技术要求

在装配图中，注写技术要求有以下几个方面：

（1）装配要求　装配时必须达到的精度，装配过程中的要求及指定的装配方法等。

（2）检验要求　检验、试验的条件及要求达到的指标。

（3）使用要求　包装、运输、维护保养及使用时的注意事项和涂饰等要求，如图 9-1b

中注写的技术要求。装配图的技术要求通常注在明细栏的左侧或上方。

9.5　装配图零件序号和明细栏

为了便于图样管理，有利于阅读图样，在装配图中所有零部件应编写序号，并在标题栏上方编制相应的明细栏，填写零件序号、名称、材料、规格和数量等。

9.5.1　零件序号及编写

1）对所有零部件进行统一编号。相同的零件只编一个序号，如图9-1b中的两个双头螺柱连接只编一个序号。序号应注写在视图外明显的位置上。序号的编写方法如图9-7所示。

2）序号从被注零件的轮廓内用细实线画出指引线（图9-7c）。指引线端头若是细实线圆圈，其字号应比尺寸数字大一号（图9-7b）。指引线端头若是水平线，则字号应比尺寸数字大两号（图9-7a）。从视图轮廓中画出指引线一端应画有小黑圆点，用以表达指明的位置。

3）当指引线所指零件很薄，或是涂黑的剖面而不便画黑圆点时，则可用箭头代替黑圆点，箭头直接指在该零件的轮廓线上，如图9-7d所示。

4）指引线不要相互交叉，不要与剖面线平行，必要时允许画成一次折线，如图9-7e所示。

5）对于一组连接件，如螺柱连接可按图9-7f~j的形式引注。

6）序号应按顺时针或逆时针方向整齐地顺次排列。

7）在编写序号时，要尽量使各序号之间距离保持均匀一致。

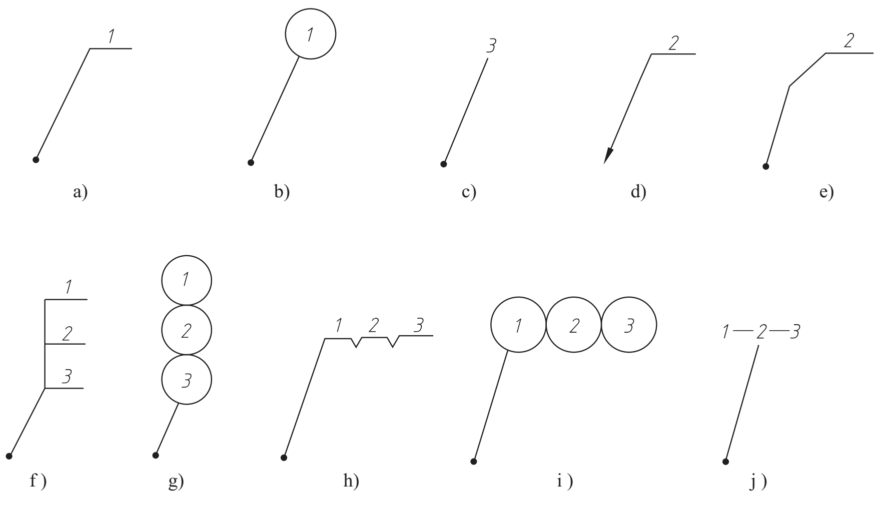


图9-7　序号的编写方法

9.5.2　明细栏及编写

明细栏应编写在标题栏上方，当标题栏上方位置不够时，可移至标题栏左边自下而上继续编写。当编写位置小、编写内容较多时，也可另列单页。

明细栏的填写，应按由下向上的顺序填写零件序号、名称、材料、规格和数量等内容。图 9-8 所示的明细栏格式供参考。

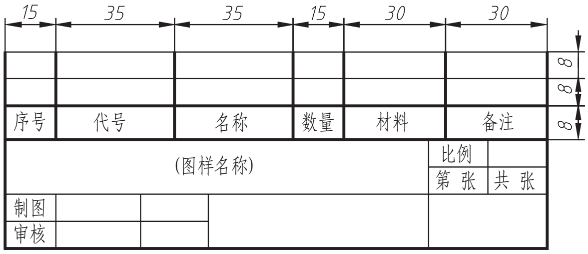


图 9-8　明细栏格式

9.6　常见装配结构及其画法

在设计和画装配图的过程中，应考虑装配结构的合理性，以保证部件的性能要求以及零件加工和装拆的方便。下面仅就常见的装配结构及画法进行简要介绍。

9.6.1　零件接触面的画法

两个零件表面接触时，在同一方向只能有一对接触面，否则就要提高接触面的尺寸精度，增加加工成本，或使两零件接触性能不可靠，如图 9-9 所示。

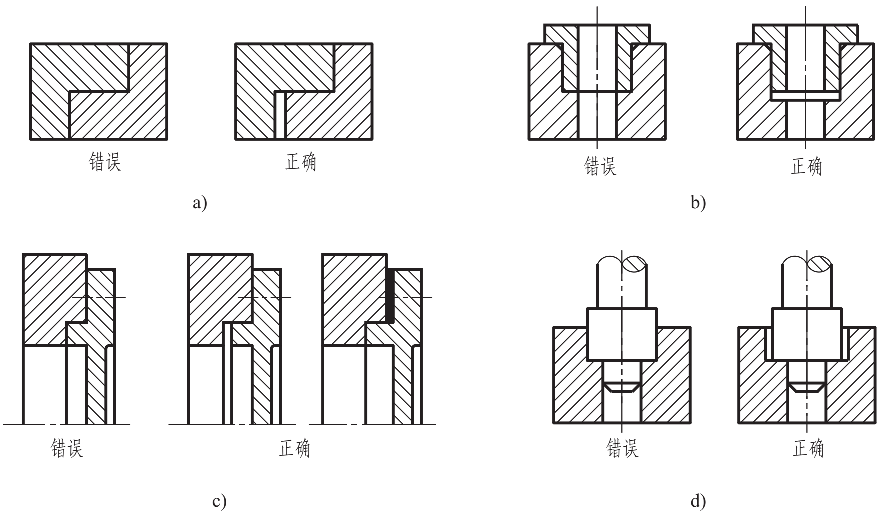


图 9-9　零件接触面的画法

9.6.2　零件接触处拐角结构

当轴与孔接触时，在拐角处孔边要制作倒角或在轴肩加工退刀槽或凹槽，以保证两端面紧密接触，如图 9-10 所示。

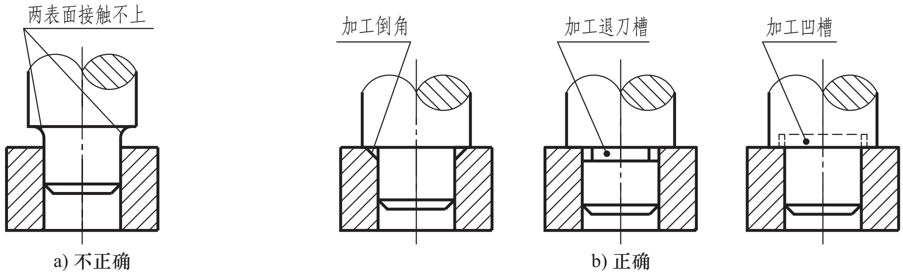


图 9-10　零件接触处拐角结构

9.6.3　密封和防漏结构

在一些机器或部件中，常需要密封装置，以防止液体外泄或灰尘进入。图 9-11 所示为填料密封装置的画法，通常用浸油的石棉绳或橡胶作为填料，拧紧螺母压盖，通过填料压盖即可将填料压紧，起到密封和防漏作用。但填料压盖与阀体端面之间必须留有一定间隙，才能保证将填料压紧，而轴与填料压盖之间应有一定的间隙，以免转动时接触面产生摩擦。

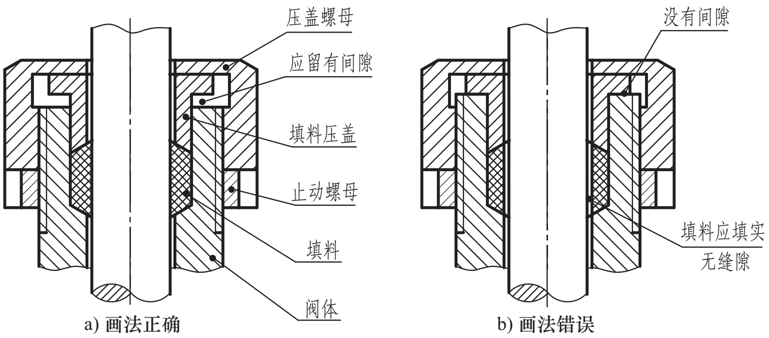


图 9-11　填料密封装置的画法

9.6.4　零件在轴上的定位结构

为防止轴上的零件（如滚动轴承、齿轮等）产生轴向窜动，轴上要有定位结构。常用的形式有：轴肩、台肩、挡圈、凸缘、螺钉、螺母等轴向定位结构，如图 9-12 所示。

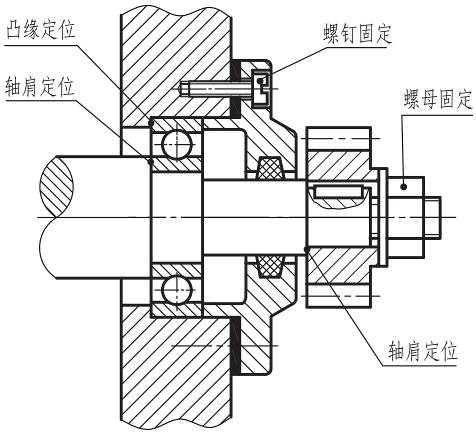


图 9-12　轴向定位结构

9.7 读装配图拆画零件图

在生产实践或设计时，常需要依据装配图设计零件并画出零件图。在机器装配时，需要根据装配图将零件组装成部件或机器。在维修机器或部件时，需要参照装配图进行拆卸和组装。在技术交流时，需要参阅装配图来了解机器或部件的具体情况等。因此，工程技术人员必须要具备阅读装配图并具有拆画零件图的能力。

9.7.1 读装配图的方法

读装配图的目的是了解机器或部件的性能、工作原理、装配关系和各零件的主要形状结构、作用以及拆装顺序等。下面以图 9-13 所示齿轮泵装配图为例，介绍读装配图的方法和步骤。

1. 概括了解

读装配图时，首先通过标题栏和产品说明书了解部件的名称、用途。从明细栏中了解组成该部件的零件名称、数量、材料及标准件的规格。通过浏览视图，了解装配图的表达形式和复杂程度。从比例和总体尺寸了解部件的大小。从技术要求看该部件在装配、试验、使用时有哪些具体要求等，从而对装配图进行概括性的了解。

齿轮泵是机器润滑、供油系统中的一个部件，其体积较小，要求传动平稳，保证供油，不能有渗漏。它由 11 种零件组成，其中有标准件、常用件和典型零件。由此可知，这是一个比较简单的部件。

2. 阅读视图

了解视图表达方法，明确视图名称、投射方向、剖切位置。弄清视图、剖视图、断面图所表达的意图及它们相互之间的关系，为下一步深入读图做好准备。

通过视图了解齿轮泵按照工作位置放置，共采用主、左两个基本视图。主视图 *A*—*A* 采用了旋转绘制的剖视图，它表达了该部件的外形特征、主要零件的形状和零件之间的装配关系等。左视图采用了拆卸画法（拆掉左端盖），它是沿左端盖 1 和泵体 6 的结合面剖切的，清楚地反映出齿轮泵的外部形状和齿轮的啮合情况，以及泵体与左、右端盖的双头螺柱连接方式。局部剖视图则是用来表达进出油孔的内部情况。

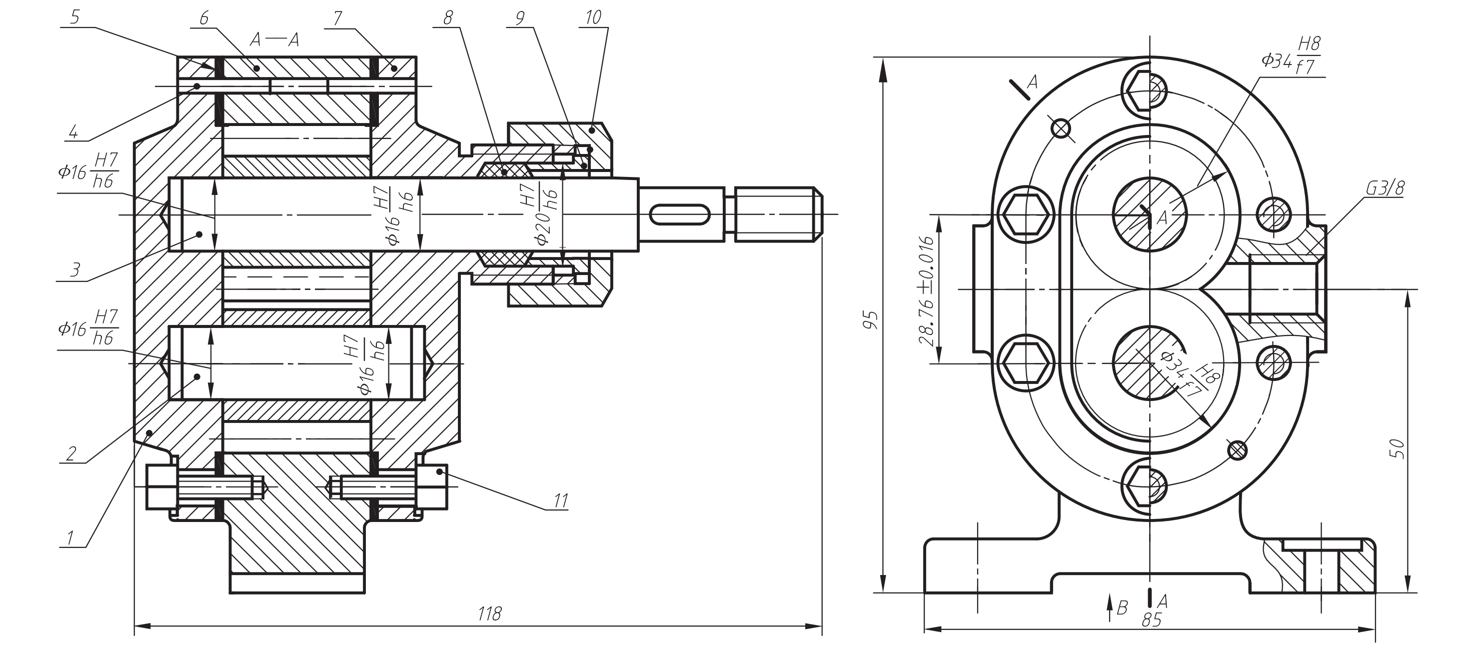
3. 分析工作原理

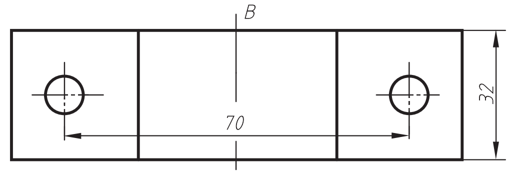
可从视图上分析得知，分析时应从机器或部件的传动部分入手，当主动齿轮轴 3 按逆时针方向（从左视图上观察）转动时，带动从动齿轮轴 2，从而使从动齿轮做顺时针方向转动。传动关系清楚了，就可分析出齿轮泵工作原理，如图 9-14 所示。当一对齿轮在泵体内做啮合传动时。啮合区内前边空间的压力降低而产生局部真空，油池内的油在大气压力作用下进入齿轮泵低压区内的进油口，随着齿轮的转动，齿槽中的油不断沿箭头方向被带至出油口，把油压出，送至机器中润滑的部位。

泵、阀类部件都要考虑液体渗漏问题，为此在泵体与端盖的结合处加入了密封垫片 5，并在主动齿轮轴 3 的伸出端孔内用填料 8、压盖 9、压盖螺母 10 拧紧密封。

4. 分析装配关系

分析清楚零件之间的配合关系、连接方式和接触情况后，就能够帮助我们进一步了解为





技术要求

1. 齿轮安装后,用手转动齿轮时应灵活转动。
2. 非加工面应涂漆防腐。

序号	名称	数量	材料	备注
11	螺栓 M6×16	12	35	
10	压盖螺母	1	35	
9	压盖	1	35	
8	填料	1	石棉绳	
7	右端盖	1	HT200	
6	泵体	1	HT200	
5	密封垫片	2	红纸板	
4	销 5×18	4	45	
3	主动齿轮轴	1	45	$m=3, z_1=9$
2	从动齿轮轴	1	45	$m=3, z_2=9$
1	左端盖	1	HT200	

齿轮泵	比例		共1张	
	材料			
制图				
审核				

图 9-13　齿轮泵装配图

保证实现部件的功能所采取的相应措施，更加深入地了解部件。

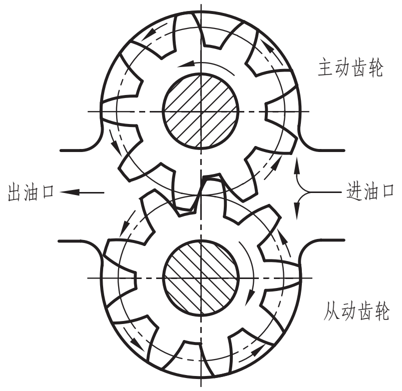


图 9-14　齿轮泵工作原理示意图

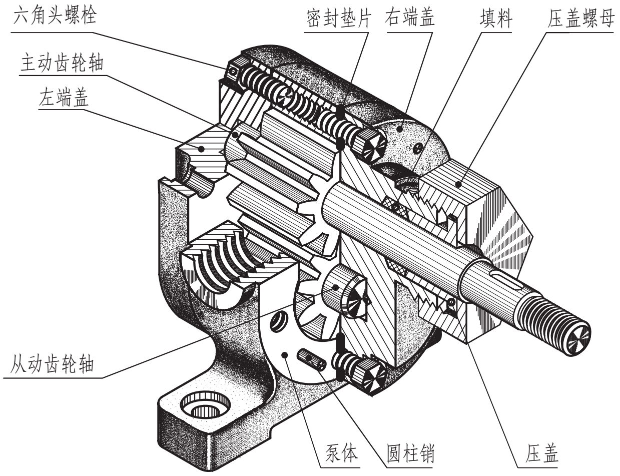


图 9-15　齿轮泵立体图

（1）连接方式　从图 9-13 中可读出，齿轮泵左右两个端盖分别采用两个圆柱销定位、共用 12 个六角头螺栓将其与泵体牢靠地连接在一起。

（2）配合关系　两轴与左、右端盖轴孔配合是 ϕ16H7/h6 的间隙配合，以保证轴在孔中既能转动，又能减少或避免轴的径向圆跳动。

尺寸（28.76±0.016）mm，则反映出两齿轮中心距的要求。可以想象出该尺寸的精度要求将会直接影响齿轮的传动效率。其他配合代号则可参考上述自行分析。

5. 分析零件主要结构形状和用途

为了深入了解齿轮泵，还应进一步分析零件的主要结构形状和用途。

应先读简单件，后读复杂件。即将标准件、常用件及简单件读懂后，再将其从图中“剥离”出去，然后集中精力分析泵体和端盖等复杂件。

依据剖面线的方向不同可划定各零件的轮廓范围。根据同一零件的剖面线在各个视图上方向相同、间隔相等的规定，首先将复杂件在各个视图上的投影范围及其轮廓分析清楚，进而运用形体分析法并辅以线面分析法进行仔细分析，还可借助丁字尺、三角板、分规等帮助分析各视图的对应关系。此外，分析零件主要结构形状时，还应考虑零件要采用这种结构形状的原因，以进一步分析该零件的作用。

当某些零件的结构形状在装配图上表达不够完整时，可先分析相邻零件的结构形状，根据它和周围零件的关系及其作用，再来确定该零件的结构形状就比较容易了。但有时还需要参考有关零件图来加以分析，以弄清零件的细小结构及其作用。

6. 归纳总结

在以上分析的基础上，还要对技术要求和全部尺寸进行分析，并把部件的性能、结构、装配、操作、维修等几个方面联系起来，进行归纳总结，这样对齿轮泵才能有一个全面了解。图 9-15 所示为齿轮泵立体图。

上述读图方法和步骤，是为初学者读装配图理出的一条思路，彼此不能截然分开，读图时还应根据具体情况而灵活应用。

9.7.2　拆画零件图

读装配图拆画零件图，简称“拆图”。拆图的过程，也是继续设计零件的过程。

1. 拆画零件图的要求

1）拆图前，必须认真阅读装配图，全面深入地了解设计意图，分析清楚各零件的位置及主要结构形状、装配关系、尺寸大小和技术要求等。

2）画零件图时，要从设计方面要求考虑零件的作用和结构形状，从工艺方面考虑零件的制造和装配，使所画的零件图既符合设计要求又符合生产要求。

2. 拆画零件图应注意的几个问题

（1）完善零件结构　由于装配图主要表达装配关系和工作原理，因此对某些零件的结构形状往往表达得不够完整，在拆画零件图时，应根据零件的作用和典型结构加以补充、完善。

（2）重新选择表达方案　装配图的视图选择主要是从表达装配关系、工作原理等情况考虑的，因此在选择零件的表达方案时不能简单照搬，应根据零件的结构形状，按照零件图的视图选择原则和方法重新考虑。当然，部件中的零件尤其是箱体类零件的安放位置、主视图投射方向与装配图基本一致的，选择零件视图时可做参考。对于轴套类零件，一般仍按加工位置选取主视图。

（3）补画工艺结构　在装配图上，零件的工艺结构，如倒角、倒圆、退刀槽等往往省略不画，拆画零件图时，这些工艺结构必须补全，并进行结构与尺寸的标准化。

（4）补齐所缺尺寸，协调相关尺寸　由于装配图上不能完整地表达零件尺寸，所以拆画零件图时必须补全零件的尺寸。装配图上已注出的尺寸，应在相关零件图上直接注出；未注的尺寸，则由装配图上按所用比例直接量取，然后将数值做圆整。装配图上尚未体现的尺寸往往是不重要的结构，则需参考有关零件或资料自行确定。

拆画零件图时要注意相邻零件接触面的有关尺寸和连接件的有关定位尺寸必须一致，应一并将它们注在相关零件图上。对于配合尺寸和重要的相对位置尺寸，应注出尺寸偏差。

（5）确定表面结构要求　表面结构要求应根据零件表面的作用和要求确定。接触面与配合面的表面结构要求要高些，自由表面的表面结构要求要低些。但有密封、耐腐蚀、美观等要求的表面结构要求则要高些。

（6）注写其他技术要求　技术要求将直接影响零件的加工质量。正确制订技术要求，涉及许多专业知识，初学者可参照同类产品的相应零件图，用类比法确定。

3. 拆画零件图举例

下面以拆画图 9-13 所示齿轮泵装配图中的右端盖为例，介绍拆画零件图的方法和步骤。

（1）确定零件的结构形状　根据图 9-13 件 7 和剖面符号看出，右端盖的投影轮廓分明，左连接板、中支承板、右空心凸缘的结构也比较清楚，但连接板、支承板的端面形状不明确，而左视图上又没有直接表达，需仔细分析确定其结构形状。

从装配图主视图上看，左、右端盖的销孔、螺孔均与泵体贯通。从左视图上看，销孔、螺孔的分布情况很清楚，而两个端盖上的连接板、支承板的内部结构和它们所起的作用又完全相同，因此可确定右端盖的端面形状与左端盖的端面形状完全一样。

（2）选择视图表达方案　经过分析比较确定，主视图的投射方向与装配图一致，它既符

合该零件的安放位置、工作位置和加工位置，又突出了零件的结构形状特征。因此，主视图也采用全剖视图，既可将三个组成部分的外部结构及其相对位置反映出来，又将其内部结构，如阶梯孔、销孔、螺孔等表达得很清楚。

由于端盖左右端面形状结构不一样，单纯选择一个左视图或右视图都不能表达清楚，故同时选择了左视图和右视图，可将端盖两面形状都能表达清楚。

（3）尺寸标注　除了标注装配图上已给出的尺寸和可直接从装配图上量取的一般尺寸外，还应确定以下几种特殊尺寸：

1）根据 M6 查表确定螺孔的尺寸为 6×ϕ6.6mm，又根据 M27×1.5 查表确定为细牙普通螺纹。

2）查表确定了退刀槽的尺寸 2×ϕ24.7mm。

3）为了保证圆柱销定位的准确性，确定销孔应与泵体配钻铰。

4）确定了螺孔、销孔的定位尺寸 R22mm 和 45°，该尺寸则必须与左端盖和泵体上的相关尺寸协调一致。

（4）确定表面结构要求　配钻铰的圆柱销孔和有相对运动配合孔的表面结构要求精度要高些，故分别为 Ra0.8μm 和 Ra1.6μm。其他表面的表面结构要求参阅同类产品零件图确定。

（5）其他技术要求　根据装配图已注写的技术要求，并参考有关同类产品的资料，以及根据装配图上注出的公差带代号查出相应的公差值并注写尺寸偏差。

图 9-16 所示为齿轮泵右端盖零件图。

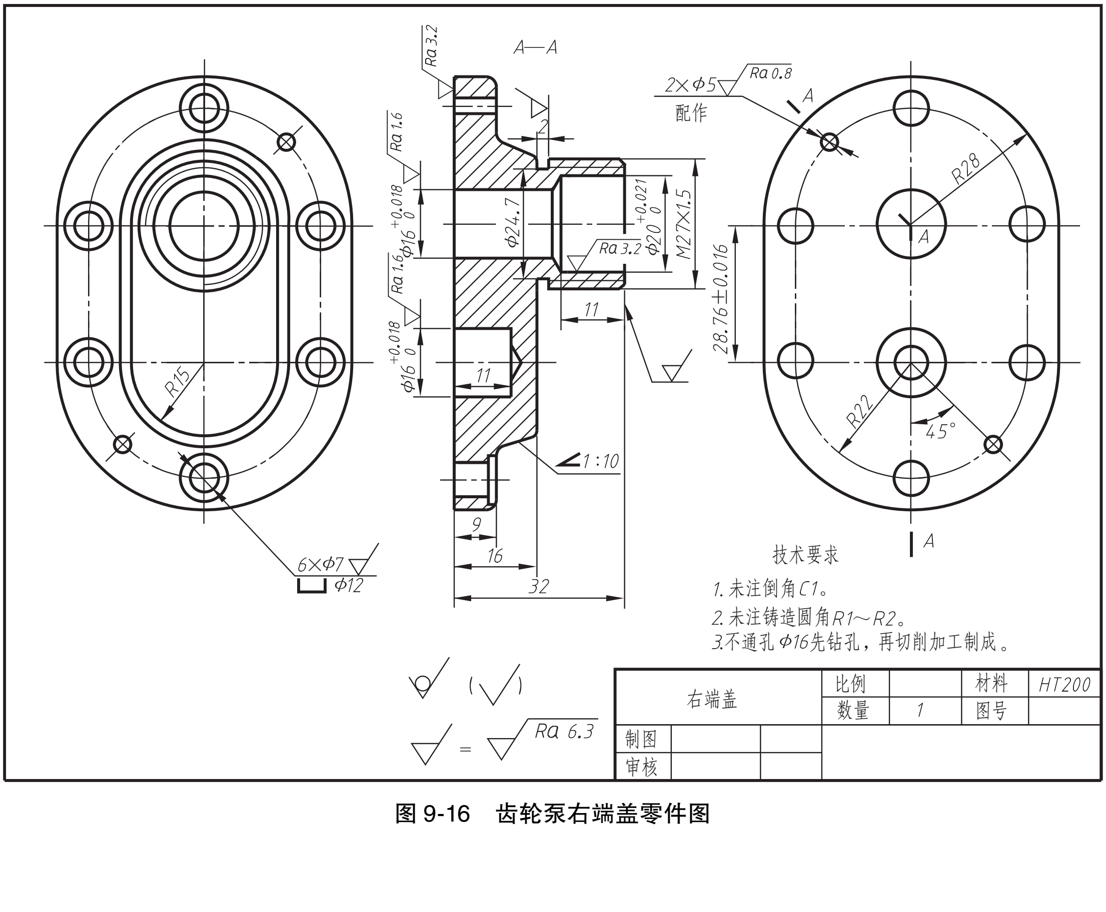


图 9-16　齿轮泵右端盖零件图

本 章 小 结

主要内容和重点：

本章主要介绍装配图的作用和内容、规定画法和特殊画法、视图的选择及画法、尺寸标注和技术要求、装配图的零件序号和明细栏、常见装配结构及其画法以及读装配图拆画零件图等内容。本章重点学习装配图的规定画法和特殊画法、常见装配结构及其画法、读装配图拆画零件图。

学习要求：

装配图是本课程的主干内容，是学习机械工程制图的主要目的和任务。学习装配图是对机械工程制图课程知识的综合性实践和运用，应了解和掌握以下知识要点。

1）了解装配图的作用和内容，熟悉装配图的规定画法和特殊画法及常见装配结构的画法，掌握装配图的尺寸和技术要求的标注。

2）能正确编注零件序号和明细栏。

3）掌握装配图的画法与步骤，能绘制中等复杂程度的装配图。

4）能识读装配图，并熟悉装配图拆画零件图的方法与步骤，能拆画零件图。

第 10 章

零部件测绘

机器零部件测绘就是对现有的机器或部件进行实物拆卸与分析，并选择合适的表达方法，画出装配示意图和全部的零件草图，然后根据装配示意图及机器部件实际装配关系，对测得的零件尺寸和数据进行圆整与标准化，并确定零件的材料及技术要求，最后根据零件草图画出装配图和零件图的这一过程。学习和实践零部件测绘对机器设备的改造、维修、仿制和技术的引进、革新与发明创造等方面有着重要的意义，是工程技术人员应掌握的基本技能。

10.1 零部件测绘方法与步骤

1. 了解部件

通过观察实物，参阅相关图样资料，全面细致地了解测绘部件的用途、工作性能、工作原理、结构特点及装配关系等，了解测绘内容和任务，组织好人员分工，准备好有关参考资料、拆卸工具、测量工具和绘图工具等。

2. 拆卸部件

分析了解部件后，要进行部件拆卸。拆卸过程一般按零件组装的相反顺序逐个拆卸，所以在拆卸之前要弄清零件组装次序，部件的工作原理、零件结构形状、相互位置和装配关系，对拆下的零件进行登记、分类、编号，弄清各零件的名称、作用、材料和结构特点等。

3. 画装配示意图

为了便于部件拆卸后组装复原和画装配图，采用简单的线条和图例符号画出部件大致轮廓形状和装配关系的图样称为装配示意图。它主要表达各零件之间的相对位置、装配与连接关系、传动路线及工作原理等内容，是画装配图的重要依据。

4. 画零件草图

根据拆卸的零件，按照大致比例，用目测的方法徒手画出具有完整零件图内容的图样称为零件草图。零件草图应采用坐标纸（方格纸）画，也可采用一般图纸画。标准件、常用件一般不需画草图。

5. 测量零件尺寸

对拆卸后的零件进行测量，将测得的尺寸和相关数据标注在零件草图上。标注尺寸时要

注意零件之间的配合尺寸、关联尺寸应一致。工艺结构尺寸、标准结构尺寸以及极限配合尺寸要根据所测的尺寸进行圆整、查表和参考有关零件图样资料，使所测得尺寸标准化、规格化。

6. 画装配图

根据装配示意图和零件草图画装配图，这是部件测绘的主要任务。装配图不仅要表达出部件的工作原理、装配关系、相关尺寸、主要零件的结构形状及相互位置关系和技术要求等，还是检查零件草图中的零件结构是否合理，尺寸是否准确的依据。

7. 画零件图

根据零件草图并结合有关零部件的图样资料，修改完善零件结构和尺寸，用尺规或计算机画出零件图。

10.2　零件尺寸的测量

零件尺寸的测量是零部件测绘中的一项重要内容。采用正确的测量方法可以减少测量误差，提高测绘效率，保证测得尺寸的精度。测量方法与测量工具有关，因此需要了解常用的测量工具，掌握正确的使用方法和测量技术。

常用的测量工具有钢直尺、外卡钳和内卡钳、游标卡尺和千分尺、螺纹塞规等。

10.2.1　尺寸测量注意事项

测量尺寸时必须注意以下几点要求：

1）根据零件尺寸的精确程度，要选用相应的测量工具测量。例如普通加工尺寸或低精度尺寸可直接采用钢直尺或外卡钳、内卡钳测量，而精度较高的尺寸则需要游标卡尺或千分尺测量。

2）有配合关系的尺寸，如孔与轴的配合尺寸，一般要用游标卡尺先测出直径尺寸（通常测量轴的直径比较容易），再根据测得的直径尺寸查阅有关手册确定标准的公称尺寸或公称直径。

3）没有配合关系的尺寸或不重要的尺寸，可将测得的尺寸做圆整（调整到整数）。

4）对于螺纹、键与销、齿轮等标准件尺寸，应根据测得的尺寸再查表与标准值核对，取相近的标准尺寸。

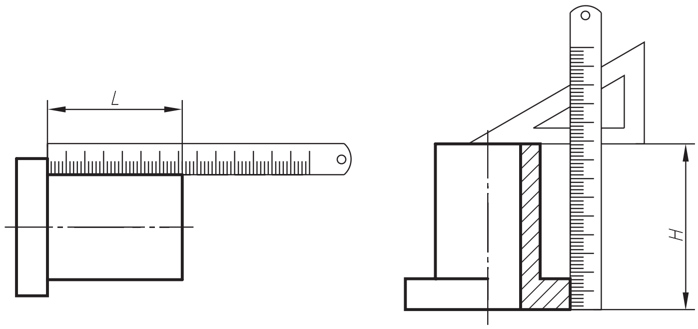
10.2.2　测量工具及测量方法

1. 线性尺寸的测量

（1）钢直尺测量　钢直尺是用不锈钢薄板制成的一种刻度尺，尺面上刻有米制的刻度，分度值为 1mm（也有分度值为 0.5mm）。钢直尺可以直接测量线性尺寸，但误差比较大，常用来测量不重要的或一般精度的尺寸。钢直尺的测量方法如图 10-1 所示。

（2）游标卡尺测量　游标卡尺是一种测量精度较高的量具，可以测得毫米的小数值。除测量线性尺寸外，还常用来测量内径、外径。游标深度卡尺还可以测量孔和槽的深度及台阶高度尺寸。游标卡尺的测量方法如图 10-2 所示。

游标卡尺的分度值有 0.02mm、0.05mm、0.10mm 三个等级，以分度值为 0.02mm 为例，



a) 测量长度尺寸　　b) 测量高度尺寸

图 10-1　钢直尺的测量方法

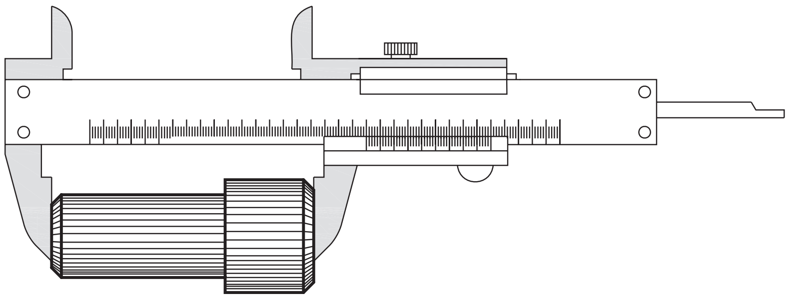
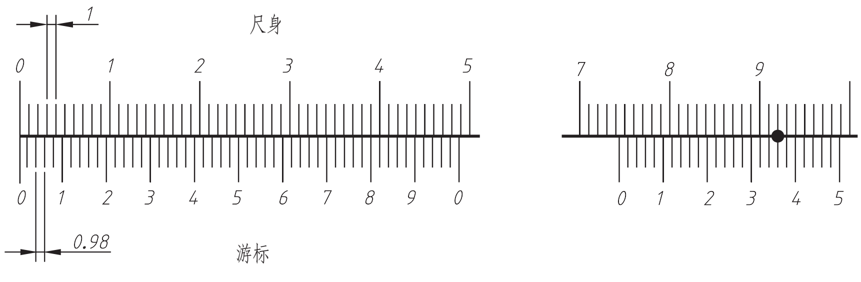


图 10-2　游标卡尺的测量方法

刻度原理和读数方法如图 10-3a 所示，尺身上每小格 1mm，每大格 10mm，游标上每小格 0. 98mm，共 50 格，尺身与游标每格之差 = 1mm − 0. 98mm = 0. 02mm。

读数值时，先在尺身上读出游标零线左面所对应的尺寸整数值部分，再找出游标上与尺身刻度对准的那一根刻线，读出游标的刻线数值，乘以分度值，所得的乘积即为小数值部分，整数与小数之和就是被测零件的尺寸。如图 10-3b 所示，读数为 74mm + 18×0. 02mm = 74. 36mm。



a) 刻度原理　　b) 读数方法

图 10-3　游标卡尺的刻度原理和读数方法

2. 直径尺寸的测量

（1）用卡钳测量直径尺寸（图 10-4）　卡钳是间接测量工具，必须与钢直尺或其他带有刻度的量具配合使用，以读出尺寸。卡钳有内卡钳和外卡钳两种，内卡钳用来测量内径，外卡钳用来测量外径，由于测量误差较大，常用来测量一般精度的直径尺寸。

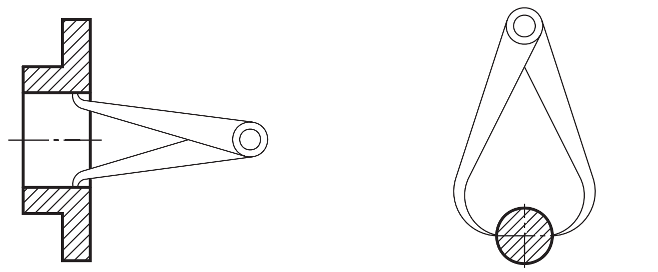

a) 用内卡钳测量圆内径　　b) 用外卡钳测量圆外径

图 10-4　用卡钳测量直径尺寸

（2）用游标卡尺测量直径尺寸（图 10-5）　游标卡尺有上下两对卡脚，上卡脚称为内测量爪，用来测量内径；下卡脚称为外测量爪，用来测量外径，测得的直径尺寸可以在游标卡尺上直接读出。

（3）用游标深度卡尺测量孔深（图 10-6）　游标深度卡尺可以测量孔和槽的深度及孔内台阶高度尺寸，其尺身固定在游标卡尺的背面，可随背面的导槽移动。测量深度时，把尺身端面紧靠在被测工件的表面上，再向工件的孔或槽内移动游标，使深度尺与孔或槽的底部接触，然后拧紧螺钉，锁定游标，取出游标深度卡尺读取数值。

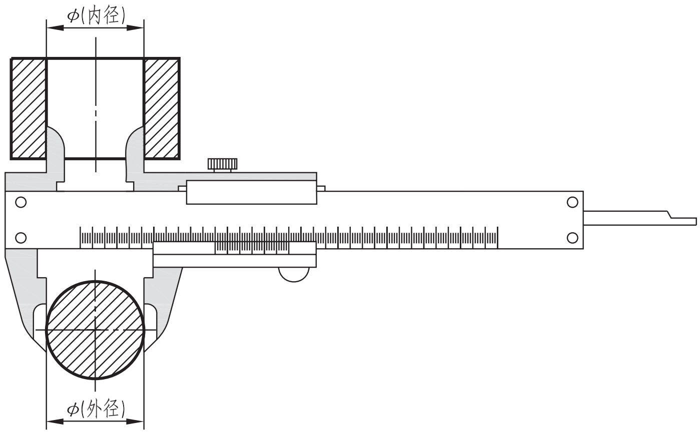


图 10-5　用游标卡尺测量直径尺寸

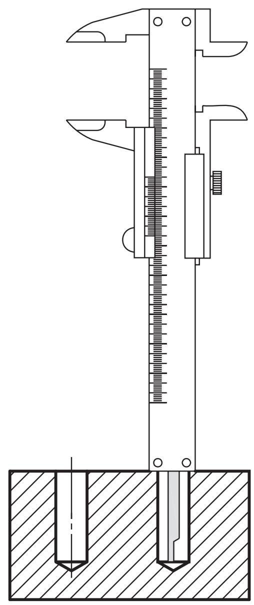


图 10-6　用游标深度卡尺测量孔深

3. 两孔中心距、孔中心高度的测量

（1）两孔中心距的测量　精度较低孔的中心距可用卡钳测量，测量方法如图 10-7 所示。精度较高孔的中心距可用游标卡尺测量，测量方法如图 10-8 所示。

（2）孔中心高度的测量　孔的中心高度可用卡钳配合钢直尺或者用游标卡尺测量，图 10-9 所示为用卡钳和钢直尺测量孔的中心高度的方法，游标卡尺也可采用该法测量。

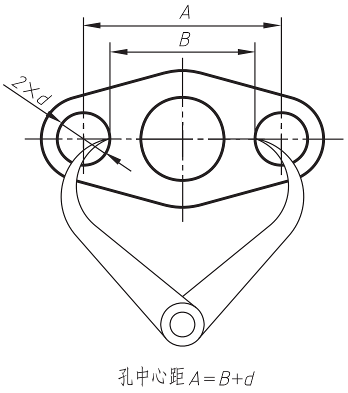


图 10-7　用卡钳测量孔的中心距

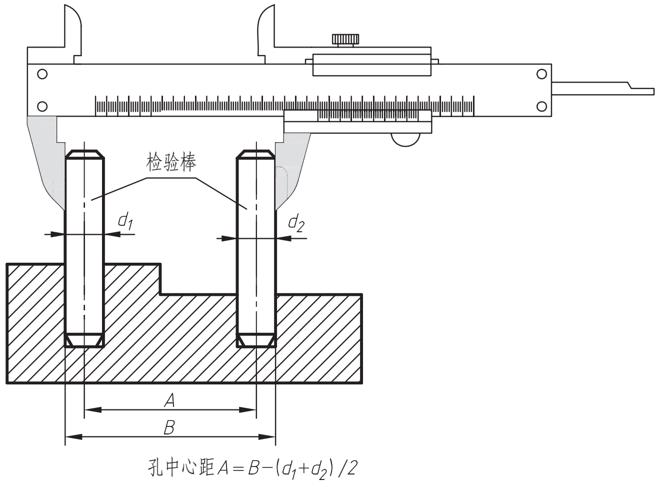


图 10-8　用游标卡尺测量孔的中心距

4. 壁厚的测量

零件的壁厚可用钢直尺或者卡钳和钢直尺配合测量，也可用游标卡尺和量块配合测量，测量方法如图 10-10 所示。

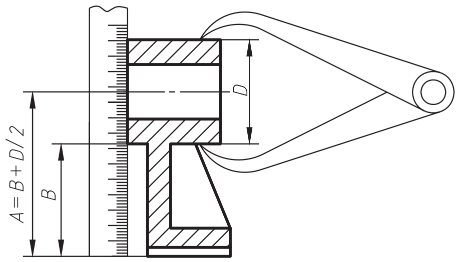


图 10-9　用卡钳和钢直尺测量孔的中心高度

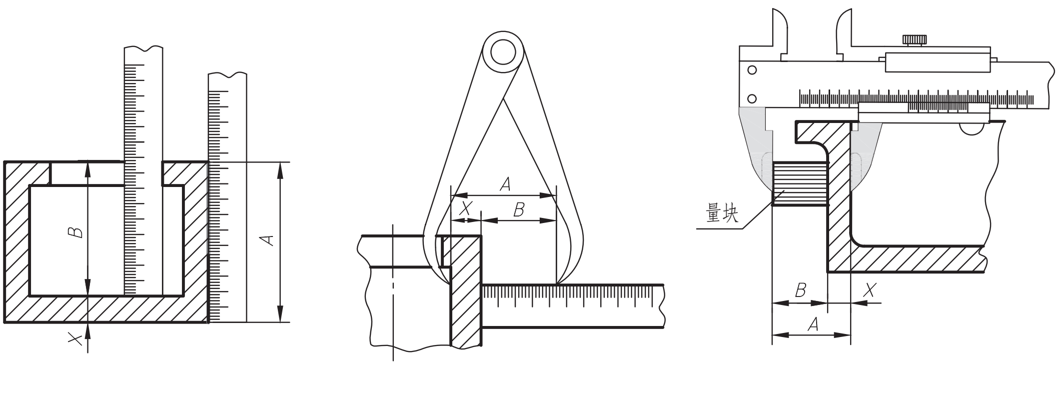
5. 标准件和常用件的测量

（1）螺纹的测量　螺纹可直接使用螺纹量规测量螺距，测量方法如图 10-11 所示。也可用游标卡尺先测量出螺纹大径，再用薄纸压痕法测出螺距，测量方法如图 10-12 所示，判断出螺纹的线数和旋向后，根据牙型、大径、螺距查标准螺纹表，取最接近的标准值。

（2）圆柱齿轮的测量　圆柱齿轮的测量方法，按下列步骤进行：

1）先测量齿顶圆直径 d_a，如 d_a=59. 5mm。

2）数出齿轮齿数，如 z=16。



a) 钢直尺测量壁厚 $X=A-B$　　b) 卡钳和钢直尺测量壁厚 $X=A-B$　　c) 游标卡尺测量壁厚 $X=A-B$

图 10-10　测量零件壁厚

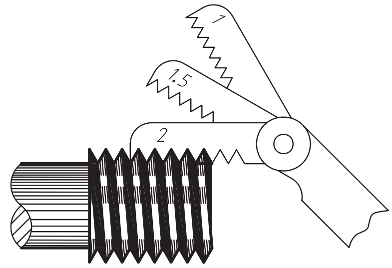


图 10-11　用螺纹量规测量螺距

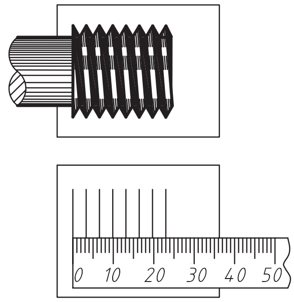


图 10-12　用薄纸压痕法测量螺距

3）根据齿轮计算公式计算出模数，如 $m=d_a/(z+2)=59.5\text{mm}/(16+2)=3.3\text{mm}$。

4）修正模数，因为模数是标准值，需要查标准模数表取最接近的标准值。根据计算出的模数值 3. 3mm，查表取得最接近的标准值 3. 5mm。

5）根据齿轮计算公式计算出齿轮各部分尺寸。齿顶圆直径 d_a、齿根圆直径 d_f、分度圆直径 d 计算公式：$d_a=m(z+2)$；$d_f=m(z-2.5)$；$d=mz$。

6）其他尺寸可直接用钢直尺或游标卡尺测量，并将尺寸加以圆整或查表取最近似的标准值。

圆柱齿轮部分结构尺寸的测量如图 10-13 所示。

6. 曲面、曲线和圆角的测量

（1）用拓印法测量曲面　具有圆弧连接性质的曲面曲线可采用拓印法。先将零件被测部位的端面涂上红泥，再放在白纸上拓印出其轮廓，然后分析圆弧连接情况，测量半径，找出圆心后按圆弧连接的方法画出轮廓曲线，如图 10-14 所示。

（2）用坐标法测量曲线　将被测表面上的曲线部分平行放在纸上，先用铅笔描画出曲线轮廓，在曲线轮廓上确定一系列均等的点，然后逐个求出曲线上各点的坐标值，再根据点的坐标值确定各点的位置，最后按点的顺序用曲线板画出被测表面轮廓曲线，如图 10-15 所示。

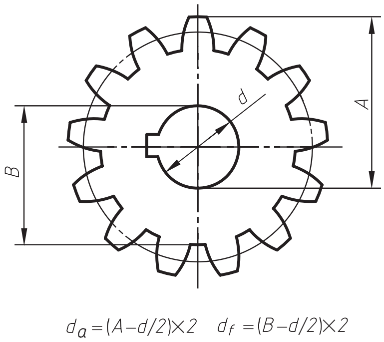


图 10-13　圆柱齿轮部分结构尺寸的测量

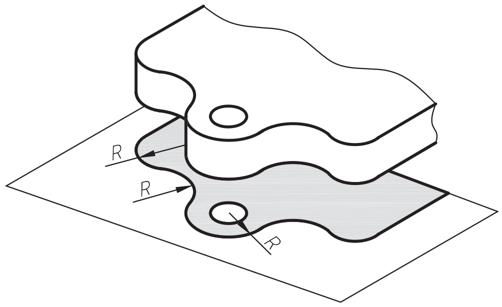


图 10-14　用拓印法测量曲面

（3）用半径样板测量圆弧半径　零件上的圆角可采用半径样板测量圆弧半径，如图 10-16所示。

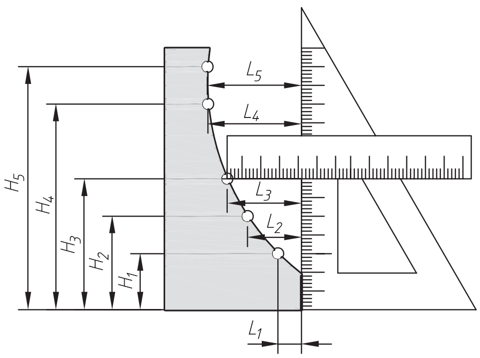


图 10-15　用坐标法测量曲线

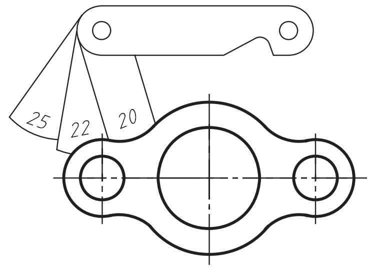


图 10-16　用半径样板测量圆弧半径

10.3　典型零件测绘

虽然零件的形状结构多种多样，加工方法各不相同，但零件之间有许多共同之处。根据零件的作用、主要结构形状以及在视图表达方法上有着共同的特点和一定的规律性，将零件分为轴套类零件、盘盖类零件、叉架类零件和箱壳类零件四大类，这四类零件通常称为典型零件。在了解这些典型零件的作用、形状结构分析、视图表达方法的选择、零件测绘方法和步骤、零件的材料和技术要求选择等内容后，着重介绍这些典型零件的测绘方法。

10.3.1　轴套类零件测绘

1. 轴套类零件的作用

轴套类零件是机器部件中重要零件之一。轴的主要作用是安装和支承回转零件并传递动力，如与齿轮、轴承、带轮的安装，同时又通过轴与机器的机架连接起到定位作用。套类零件主要作用是定位、支承、导向和传递动力。

2. 轴套类零件的结构分析

轴类零件的基本形状是同轴回转体，通常由圆柱、圆锥、内孔等组成，在轴上常加工有键槽、销孔、螺纹等标准件结构。为方便加工和安装，有退刀槽、倒角与倒圆、中心孔等工艺结构，如图 10-17 所示。

套类零件通常呈长圆筒状，内孔和外表面常加工有越程槽、油孔、键槽等结构，端面有倒角。

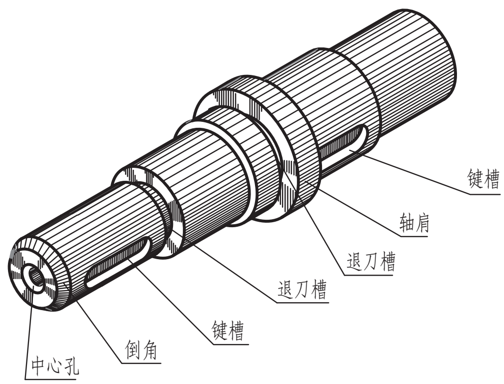


图 10-17　轴类零件及其结构分析

3. 轴套类零件的视图选择

轴套类零件在工作状态中通常是将轴线位于水平位置，在车床和磨床上加工装夹时也是将轴线位于水平放置，因此轴套类零件常按工作位置或加工位置安放，即把轴线放成水平位置来选择主视图的投射方向。常结合断面图、局部剖视图、局部放大图来表达轴套零件上的键槽、内孔、退刀槽等局部结构。图 10-18 所

示为轴的零件图。

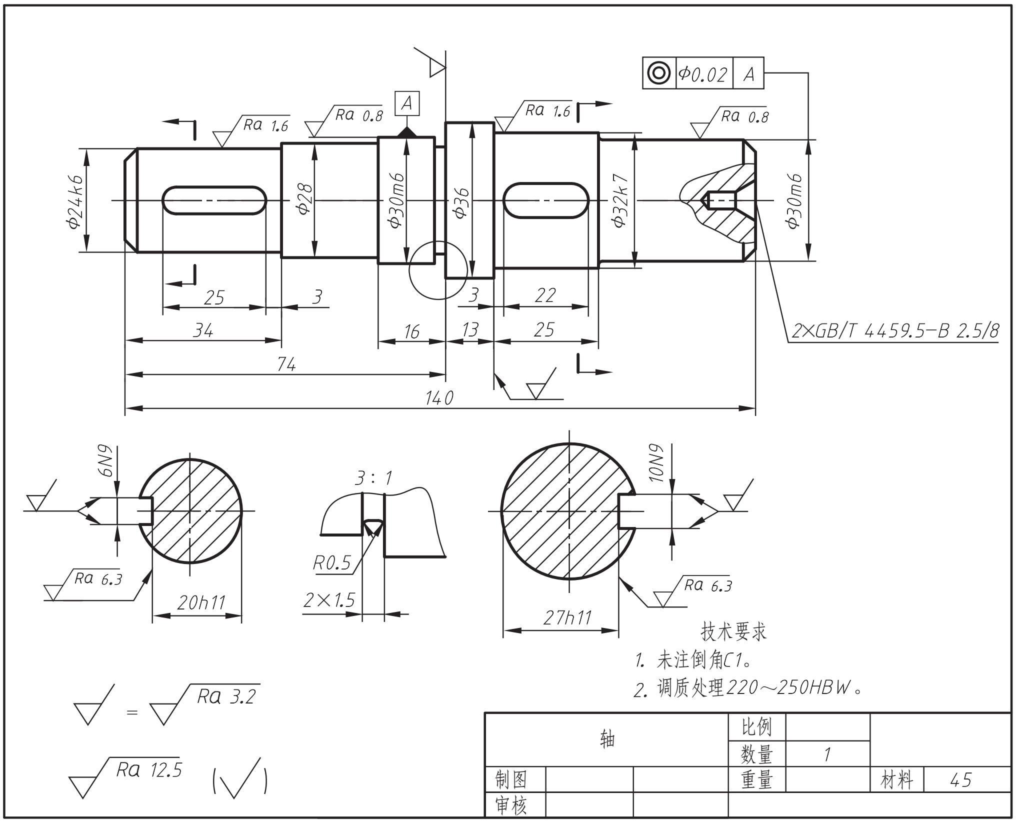


图 10-18　轴的零件图

4. 轴套类零件的尺寸标注

（1）轴向尺寸与径向尺寸　轴套类零件主要有轴向尺寸和径向尺寸两类（即轴的长度尺寸和直径尺寸）。重要的轴向尺寸要以轴的安装端面（一般是轴肩）为主要尺寸基准，其他尺寸可以以轴的两端面或其他轴肩面作为辅助尺寸基准。径向尺寸是以轴的轴线为主要尺寸基准。

轴段长度尺寸一般为非功能尺寸，可用钢直尺、游标卡尺直接测量各段的长度和总长度，然后圆整成整数。轴套类零件的总长尺寸应直接注出数值，不可用各轴段的长度累加计算。

轴的径向尺寸多为配合尺寸，先用游标卡尺或千分尺测量出各段轴径后，根据配合类型、表面粗糙度等级查阅轴或孔的极限偏差表，选择相应的公称尺寸和极限偏差值。

（2）标准结构尺寸　轴套零件上的螺纹主要起定位和锁紧作用，一般以普通螺纹较多。普通螺纹的大径和螺距既可用螺纹量规直接测量，又可以采用综合测量法测量出大径和螺距，然后查阅标准螺纹表选用接近的标准螺纹尺寸。

键的作用是连接并传递转矩。键槽尺寸主要有槽宽 b、槽深 t 和长度 L，从键槽的外形就可以判断键的类型。根据测量所得出的 b、t、L 值，结合键槽所在轴段的公称直径，以及键的类型查表找出键槽和键各部分的标准尺寸。

例如，测得普通 A 型平键槽宽度为 9. 96mm，槽深为 5. 5mm，长度为 36. 5mm，查阅键与键槽国家标准，与其最接近的标准尺寸是 $b=10$mm、$t=5$mm、$L=36$mm，与其配合的普通 A 型平键标准尺寸为：10×8×36。

销的作用是定位，常用的销有圆柱销和圆锥销。先用游标卡尺或千分尺测出销的直径和长度（圆锥销测量小端直径），然后根据销的类型查表确定销的公称直径和销的长度。

（3）工艺结构尺寸　轴套零件上常见的工艺结构有退刀槽、倒角和倒圆、中心孔等，先测得这些结构的尺寸，然后查阅有关工艺结构的画法与尺寸，按照工艺结构规定方法统一标注，如常见倒角标注为 $C1$（C 代表 45°倒角），退刀槽尺寸标注为 2×1（2 表示槽宽尺寸，1 表示槽的两端中较低一端的轴肩高度尺寸）。

5. 轴套类零件的技术要求及选择

（1）尺寸公差的选择　轴与其他零件有配合要求的尺寸，应标注尺寸公差。根据轴的使用要求参考同类型的零件图，用类比法确定极限尺寸。轴的主要配合尺寸标准公差等级一般为 IT5~IT9，相对运动的或经常拆卸的配合尺寸其标准公差等级要高一些，相对静止的配合尺寸其标准公差等级相应要低一些。例如轴与轴承孔的配合尺寸，其公差带可选为 f6，与带轮、齿轮孔的配合尺寸，其公差带可选 k7。

对于阶梯轴的各段长度尺寸可按使用要求给定尺寸公差，或者按装配尺寸链要求分配公差。

轴套类零件的外圆表面通常是支承表面，常与机架上的孔形成过盈或过渡配合，外径尺寸标准公差等级一般为 IT6~IT7。如果外径尺寸无配合要求，那么可直接标注直径尺寸。套类零件的孔径尺寸公差一般为 IT7~IT9（为便于加工，通常孔的尺寸公差要比轴的尺寸公差低一等级），精密轴套孔尺寸标准公差等级一般为 IT6。

轴套类零件的标准公差等级和基本偏差的选用可参考附表 14、附表 15。

（2）几何公差的选择　轴套类零件通常由轴承支承在两段轴颈上，这两个轴颈是装配基准，其几何精度（圆度、圆柱度）要有形状公差要求。对精度要求一般的轴颈，其形状公差应限制在直径公差范围内，即按包容要求在直径公差后标注。若轴颈精度要求较高，则可直接标注公差值，并根据轴承的精度选择标准公差等级，一般为 IT6~IT7。

套类零件有配合要求的外表面，其圆度公差应控制在外径尺寸公差范围内，精密轴套孔的圆度公差一般为尺寸公差的 1/3~1/2，对较长的套筒零件，除有圆度公差要求之外，还应标注圆孔轴线的直线度公差。

轴类零件的配合轴颈相对于支承轴颈的同轴度是位置精度的普遍要求，常用圆跳动来要求。一般配合精度的轴颈，其支承轴颈的圆跳动公差一般为 IT6~IT7，高精度的轴颈为 IT5~IT6。此外，还应标注轴向定位端面与轴线的垂直度，对轴上键槽两工作面应标注对称度。

套类零件内外圆的同轴度要根据加工方法不同选择精度要求，如果套类零件的孔是将轴套装入机座后进行加工的，套的内外圆的同轴度要求较低；若是在装配前加工完成的，则套的内圆对套的外圆的同轴度要求较低，公差值一般为 ϕ0. 01~ϕ0. 05mm。

（3）表面结构要求的标注　轴套类零件都是机械加工表面，在一般情况下，轴的支承轴颈表面结构参数等级较高，常选择 Ra0. 8~3. 2μm，其他配合轴颈的表面结构参数值为 Ra3. 2~6. 3μm，非配合表面结构参数值为 Ra12. 5μm。

套类零件有配合要求的外表面结构参数值为 Ra0. 8~1. 6μm。孔的表面结构参数值一般

为 $Ra0.8 \sim 3.2\mu m$，要求较高的可达 $Ra0.1\mu m$。

（4）材料与热处理的选择　轴类零件材料的选择与工作条件和使用要求的不同，所选择的热处理方法也就不同。轴的材料常采用优质碳素结构钢制造，如 35、45 钢，常采用调质、正火、淬火等热处理方法，以获得一定的强度、韧性和耐磨性。

套类零件常用合金钢制造，采用退火、正火、调质和表面淬火等热处理方法。

10.3.2　盘盖类零件测绘

1. 盘盖类零件的作用

盘盖类零件是机器、部件上的常见零件。盘类零件的主要作用是连接、支承、轴向定位和传递动力等，如齿轮、带轮、阀门手轮等。盖类零件的主要作用是定位、支承和密封等，如电动机（或发电机）、水泵、减速器的端盖等。

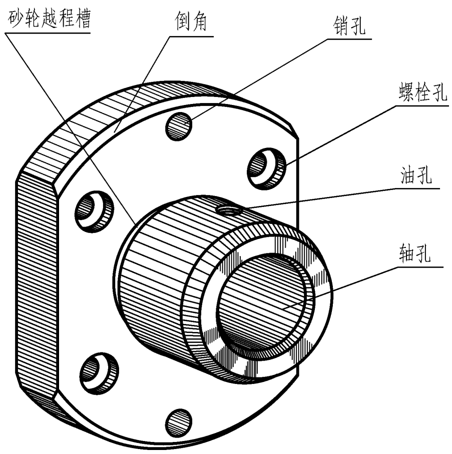


图 10-19　端盖零件及其结构分析

2. 盘盖类零件的结构分析

盘盖类零件的主体结构一般由同一轴线多个扁平的圆柱组成，直径明显大于轴或轴孔，形似圆盘状。为加强结构连接的强度，常有肋、轮辐等连接结构。为便于安装紧固，沿圆周均匀分布螺孔，此外还有销孔、键槽等标准结构，如图 10-19 所示的端盖零件。

3. 盘盖类零件的视图选择

盘盖类零件加工以车削为主，一般按工作位置或加工位置放置，以轴线为水平方向来选择主视图。根据结构形状及位置再选用一个左视图（或右视图）来表达盘盖类零件的外形和螺孔的分布情况。主视图常采用全剖视图来表达轴孔内部结构。若有肋、轮辐结构，则可采用断面图来表达其断面形状，退刀槽等细小结构可采用局部放大图表达，如图 10-20 所示。

4. 盘盖类零件的尺寸标注

盘盖类零件尺寸测量方法如下：

1）盘盖类零件配合孔的尺寸要用游标卡尺或千分尺测量出直径，再查表选用符合国家标准推荐的公称尺寸系列，如轴与轴孔尺寸、销孔尺寸、键槽尺寸等。

2）测量螺孔直径，并且确定各螺孔的定位尺寸。

3）一般性的尺寸，如盘盖类零件的厚度，铸造结构尺寸可直接度量并圆整。

4）标准结构尺寸，如螺纹、键槽、销孔等要根据测出的尺寸后查表确定接近的标准尺寸。

5）工艺结构尺寸，如退刀槽和越程槽、油封槽、倒角和倒圆等，要按照规定方法标注。

盘盖类零件在标注尺寸时，通常以重要的安装端面或定位端面（配合或接触表面）作为轴向尺寸主要基准，如图 10-20 中的 11mm 和 3mm。以轴线作为径向尺寸主要基准，如图 10-20 中标注的 ϕ42H7、ϕ55h7 等尺寸。

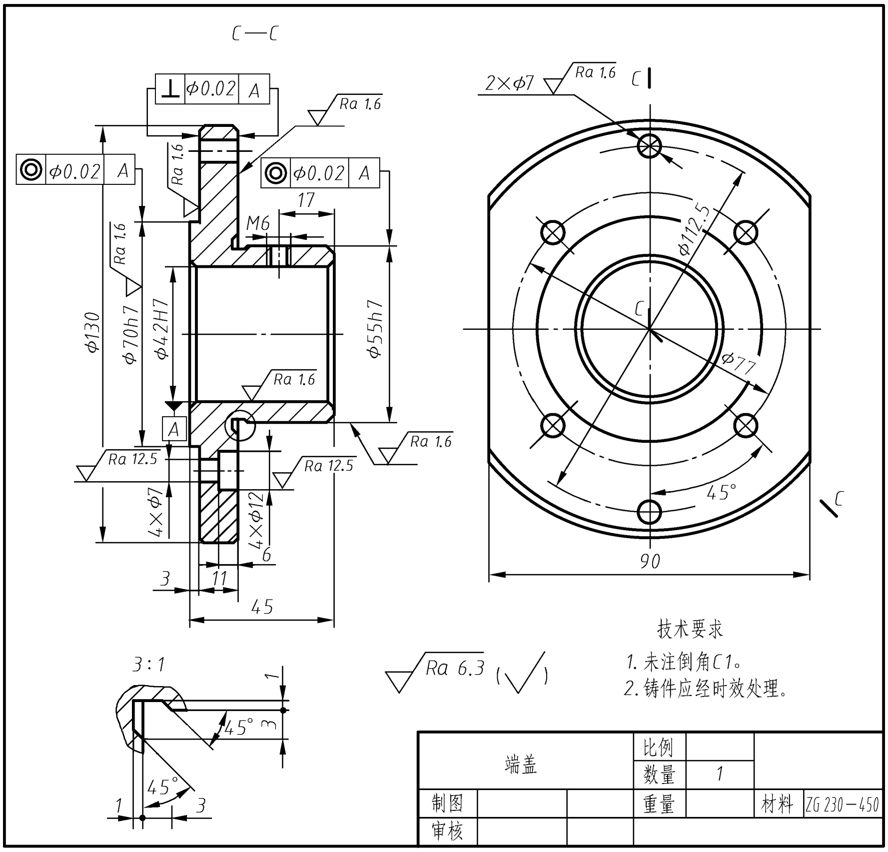


图 10-20　端盖零件图

5. 盘盖类零件的技术要求及选择

（1）尺寸公差的选择　盘盖类零件有配合要求的轴与孔要标注尺寸公差，根据配合性质和要求选择基本偏差代号，标准公差等级一般为 IT6 ~ IT9。也可在附录中选择，如图10-20所示端盖零件左端轴孔 ϕ42H7、ϕ70h7。

（2）几何公差的选择　盘盖类零件与其他零件接触面应有平行度、垂直度要求。外圆柱面与内孔表面应有同轴度要求，一般为 IT7 ~ IT9。

（3）表面结构要求的标注　在一般情况下，盘盖类零件配合表面结构参数值为 *Ra*0. 8 ~ 1. 6μm，一般配合的表面结构参数值为 *Ra*3. 2 ~ 6. 3μm，一般接触或非接触表面结构参数值为 *Ra*6. 3 ~ 12. 5μm。盘盖类零件外露表面一般是非加工面，若电动机（或发电机）、水泵、减速器的端盖外表面只标注表面结构符号，则不需要标注参数值。

（4）材料与热处理的选择　盘盖类零件可用类比法或检测法确定零件材料和热处理方法。盘盖类零件坯料多为铸锻件，一般不需要进行热处理。但重要的、受力较大的锻件常用正火、调质、渗碳和表面淬火等热处理方法。

10. 3. 3　叉架类零件测绘

1. 叉架类零件的作用

叉架类零件如拨叉、连杆、杠杆、摇臂、支架和轴承座等，常用在变速机构、操纵机

构、支承机构和传动机构中，起到拨动、连接和支承传动作用。

2. 叉架类零件的结构分析

叉架类零件一般由连接部分、工作部分和安装部分三部分组成，多为铸锻件，表面多为铸锻表面，而内孔、配合面、安装面则是机加工面。连接部分是由工字型、T 型或 U 型肋板结构组成。工作部分常呈圆筒状，有较多的细小结构，如油孔、油槽、螺栓孔等。安装部分一般为板状，上面布有安装孔，常有凸台和凹坑等工艺结构，如图 10-21 所示。

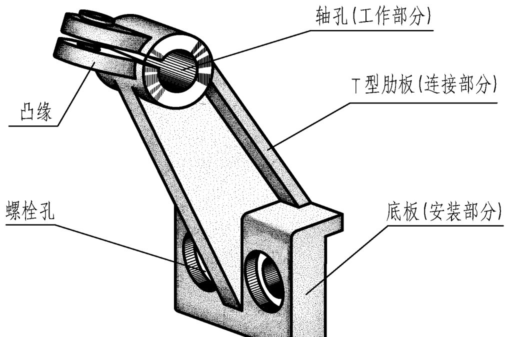


图 10-21　支架零件及其结构分析

3. 叉架类零件的视图选择

叉架类零件结构比较复杂，加工位置多有变化，有很多叉架零件在工作中是运动的，其工作位置也不固定，所以这类零件一般按照工作位置、安装位置或形状特征位置综合考虑来确定主视图投射方向，根据形状结构的复杂程度再选择一两个基本视图。由于叉架零件的连接结构常是倾斜或不对称的，还需要采用斜视图、局部视图、局部剖视图、断面图等方法表达，如图 10-22 所示的支架零件图。

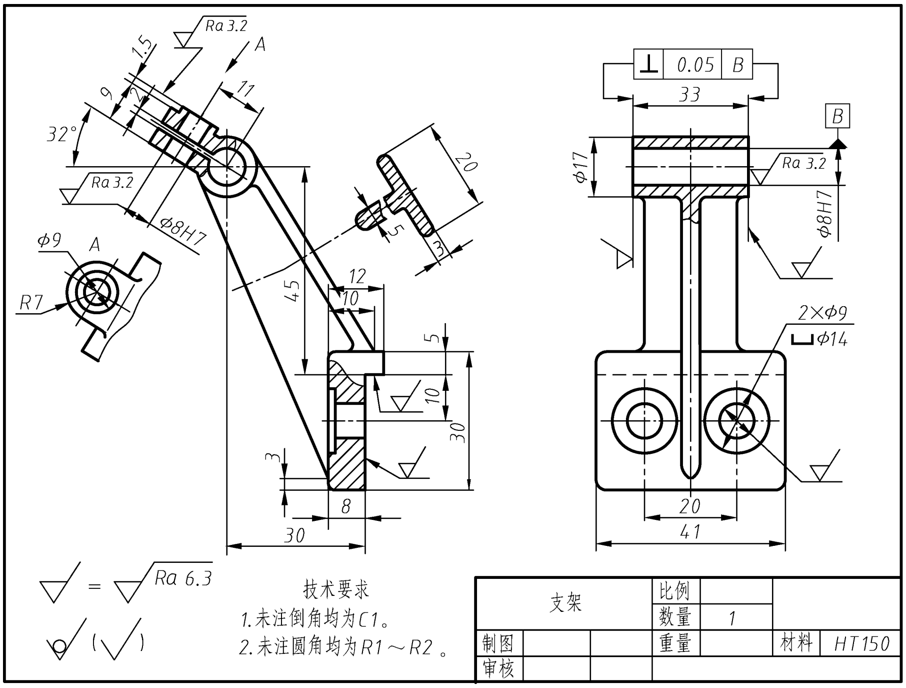


图 10-22　支架零件图

4. 叉架类零件的尺寸标注

叉架零件的尺寸较复杂，在标注尺寸时，一般是选择零件的安装基面或零件的对称面作为主要尺寸基准。如图 10-22 所示，该零件选用表面粗糙度等级较高的安装底板的右端面作

为长度方向尺寸主要基准，来定位圆筒圆心的位置和其他主要结构的长度尺寸。选用安装底板中间凸起的水平面作为高度方向尺寸主要基准，来确定圆筒圆心的高度定位和其他结构的高度尺寸。由于支架的宽度方向是对称结构，故选用了对称面作为宽度方向尺寸主要基准。另外工作部分上的各个细部结构，是以圆筒（支承体）轴线作为辅助尺寸基准标注圆筒直径尺寸和细部结构的定位尺寸。

由于支架的支承孔和安装底板是重要的配合结构，支承孔的圆心位置和直径尺寸，底板及底板上的安装孔尺寸应采用游标卡尺或千分尺精确测量，测出尺寸后加以圆整或查表选择标准尺寸，其余一般尺寸可直接度量取值标注。

工艺结构、标准结构如螺纹、退刀槽和越程槽、倒角和倒圆等，测出尺寸后还要按照规定方法标注，螺纹等还要查表确定其标准尺寸。

5. 叉架类零件的技术要求及选择

（1）尺寸公差的选择　叉架零件工作部分有配合要求的孔要标注尺寸公差，按照配合性质和要求选择基本偏差代号，标准公差等级一般为 IT7～IT9。配合孔的定位尺寸常注有尺寸公差，如图 10-22 所示支架零件上端的孔 ϕ8H7 等。

（2）几何公差的选择　叉架零件安装底板与其他零件接触面应有平面度、垂直度要求，支承孔轴线应有平行度要求，一般为 IT7～IT9，可参考同类型的叉架零件图。

（3）表面结构要求的标注　在一般情况下，叉架零件支承孔表面结构参数为 Ra1.6～3.2μm，安装底板的表面结构参数为 Ra3.2～6.3μm，非配合表面结构参数为 Ra6.3～12.5μm，其余表面是非加工面，只标注表面结构符号，不作参数值要求。

（4）材料与热处理的选择　叉架零件可用类比法或检测法确定零件材料和热处理方法。叉架零件坯料多为铸锻件，一般不需要进行热处理，但重要的、做周期运动且受力较大的锻件常用正火、调质、渗碳和表面淬火等热处理方法。

10.3.4　箱壳类零件测绘

1. 箱壳类零件的作用

箱壳类零件主要作用是连接、支承和包容其他零件，一般为整个部件的外壳，如减速器箱体、齿轮泵泵体、阀门阀体等。

2. 箱壳类零件的结构分析

箱壳类零件的内腔和外形结构都比较复杂，箱壳上带有轴孔、凸台、肋等结构，安装部分还有安装底板、安装孔和螺孔。为符合铸件制造工艺特点，安装底板和箱壳、凸台外形常有起模斜度、铸造圆角、均匀壁厚等铸件工艺结构，如图 10-23 所示的泵体立体图。

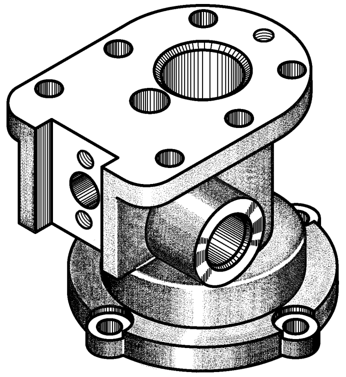


图 10-23　泵体立体图

3. 箱壳类零件的视图选择

由于箱壳零件结构复杂，加工工序较多，加工位置多有变化，在选择主视图时，主要是根据箱壳零件的工作位置和形状特征综合考虑。通常需要三四个基本视图，并采用全剖视图、局部剖视图来表达箱壳零件的内部结构。基本视图未表达清楚的局部外形还常用局部视图、斜视图和简化画法来表达。如图 10-24 所示的泵体零

件图，按泵体工作位置放置，沿主体圆筒轴线方向做主视图投影，共采用了主、俯、左三个基本视图。根据内部结构形状及需要表达范围的大小，主视图采用了单一剖切面的 *A*—*A* 全剖视图，俯视图采用了两个平行剖切平面获得的剖视图 *B*—*B*。箱体顶面和前凸起圆柱端面分别采用了 *C* 向和 *D* 向两个局部视图表达。

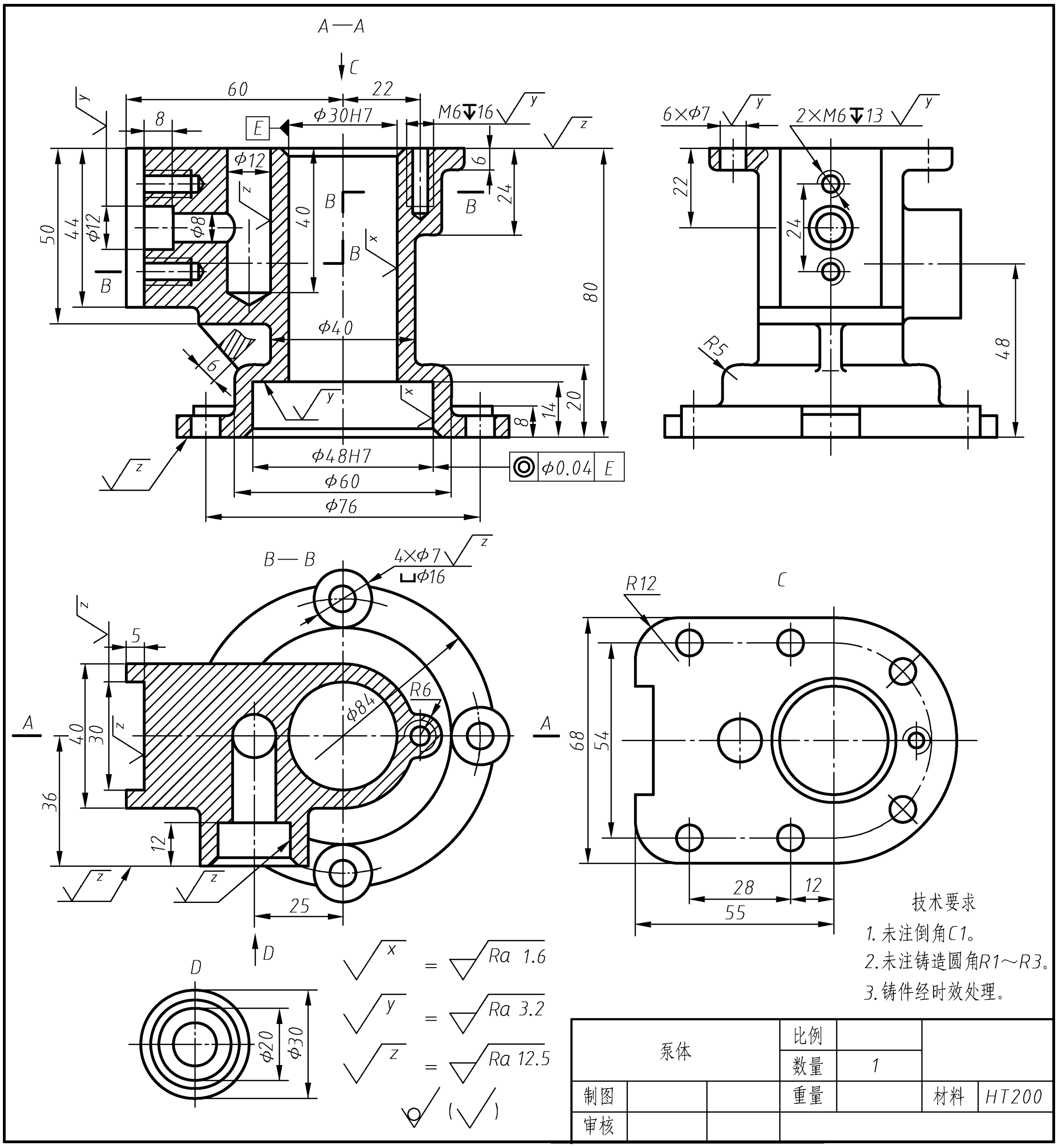


图 10-24　泵体零件图

4. 箱壳类零件的尺寸标注

由于箱壳类零件结构复杂，在标注尺寸时，确定各部分结构的定位尺寸很重要，因此要选择好各个方向的主要尺寸基准。一般是以安装面、主要支承孔轴线和主要接触面作为长度

和高度尺寸方向主要尺寸基准，当各结构的定位尺寸确定后，定形尺寸才能确定（具有对称结构的以对称面作为尺寸基准）。如图 10-24 所示泵体零件图中以其主体圆筒轴线作为长度方向主要尺寸基准，标注了 ϕ30H7、ϕ40mm、ϕ48H7、ϕ76mm、25mm 等主要结构尺寸。以泵体顶面为高度方向主要尺寸基准，标注了高度方向尺寸 50mm、44mm、24mm、22mm 等主要结构尺寸。宽度方向则以泵体前后的对称面为主要基准，标注了 40mm、30mm、36mm、68mm、54mm 等主要结构尺寸。

箱壳类零件的尺寸测量应根据各部位的形状和精度要求来选择，对于一般要求的线性尺寸可直接用钢直尺或钢卷尺测量，如总长、总高和总宽等外形尺寸。对于箱壳零件上的光孔和螺孔深度可用游标深度卡尺来测量。

对于有配合要求的轴孔及其定位尺寸，要用游标卡尺或千分尺精确测量，以保证尺寸的准确、可靠。

零件工艺结构尺寸如退刀槽和越程槽、倒角和倒圆、凸台和凹坑等，测出尺寸后还要按照规定方法标注，螺纹、销孔等标准结构还要查表确定其标准尺寸。

不能直接测量的尺寸，可利用其他工具间接测量，参见 10.2.2 测量工具及测量方法。测量不到的尺寸可采用类比法参照同类型的零件尺寸选用，如壁厚、空腔内的非配合尺寸等。

5. 箱壳类零件的技术要求及选择

（1）尺寸公差的选择　箱壳零件是用来支承、包容、安装其他零件的，本身的制造和加工误差直接影响其他零件的装配质量。为了保证机器或部件的性能和精度，对箱壳零件应标注一系列的技术要求。主要包括：箱壳零件上各轴孔和安装平面的尺寸精度、几何精度、表面结构要求以及热处理、表面处理和有关装配、试验等方面的要求。

箱壳零件上有配合要求的主轴孔要标注较高等级的尺寸公差，根据配合性质和要求选择基本偏差代号，标准公差等级一般为 IT6、IT7，如图 10-24 所示泵体零件上轴孔 ϕ30H7。其他轴孔的尺寸标准公差等级要稍低，一般为 IT7、IT8。在实际测绘中，尺寸公差也可采用类比法参照同类型零件的尺寸公差选用。

（2）几何公差的选择　箱壳零件结构形状比较复杂，重要结构要标注几何公差来控制加工零件形状和位置的误差。在测量中可先测出箱壳零件上的几何公差值，再参照同类型零件的公差值来确定。如图 10-24 所示泵体零件上 ϕ30H7 孔与 ϕ48H7 孔的同轴度公差，可采用千分表配合检验棒测量。孔与孔轴线的平行度误差，先采用游标卡尺（或量块、百分表）测出两检验棒的两端尺寸后，再通过计算求得。

（3）表面结构要求的标注　箱壳零件加工面较多，在一般情况下，箱壳零件的主要轴孔表面结构参数等级较高，一般为 Ra0.8～1.6μm，如图 10-24 所示泵体零件中 ϕ30H7 孔的表面结构参数为 Ra1.6μm，其余配合表面结构参数为 Ra3.2μm，非配合表面结构参数为 Ra12.5μm。非加工面可不作参数值要求。

（4）材料与热处理的选择　由于箱壳零件形状结构比较复杂，应先铸造成毛坯，然后再进行切削加工。根据使用要求，箱壳零件材料可选用灰铸铁，常用 HT150、HT200。某些负荷较大的箱体零件，有时由铸钢件铸造而成。为避免箱壳零件加工变形，提高尺寸的稳定性，改善可加工性，箱壳零件毛坯要经时效处理。

10.4　减速器测绘

10.4.1　减速器的作用与工作原理

减速器是介于原动机和工作机之间的一种机械传动装置，是将高速旋转运动变为低速旋转运动的减速机构。

减速器的类型很多，按传动零件不同，可分为齿轮减速器、蜗杆减速器和行星齿轮减速器等，其中一级圆柱齿轮减速器是最简单的一种，用途较为广泛。图 10-25 所示为一级圆柱齿轮减速器，它的工作原理是由电动机通过带轮带动主动齿轮轴（输入轴，为小齿轮）转动，再由主动齿轮带动从动齿轮轴上的大齿轮转动，将动力传递到大齿轮轴（输出轴），由于主动齿轮的齿数（通常不少于 17）比从动齿轮的齿数少，从而达到降低转速的目的。

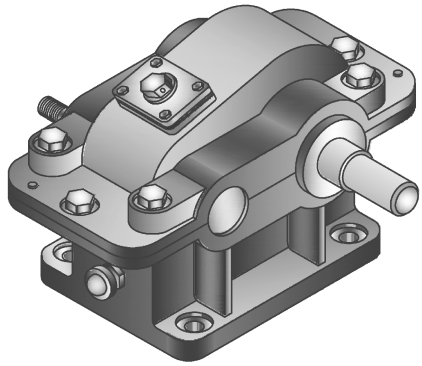


图 10-25　一级圆柱齿轮减速器

由于减速器包括了齿轮、轴、轴承、键、销、螺纹等通用件和标准件，以及减速器的底座、机盖等较复杂的零件，因此它是比较典型的测绘部件。

10.4.2　减速器的拆卸及装配示意图画法

1. 减速器的拆卸顺序

拆卸减速器首先要了解它的基本结构。其基本结构是由传动零件（如齿轮、轴）、连接件（如螺栓、键、销）、支承零件（如底座、机盖）及润滑和密封装置等组成的。

减速器的底座、机盖是由几个螺栓连接起来，先拆下螺栓，将机盖拿走，里面所有的包容零件便展现出来。再从外向里拆卸两根轴及轴系零件，即可完成拆卸工作。装配时按拆卸相反顺序即可。

2. 画装配示意图

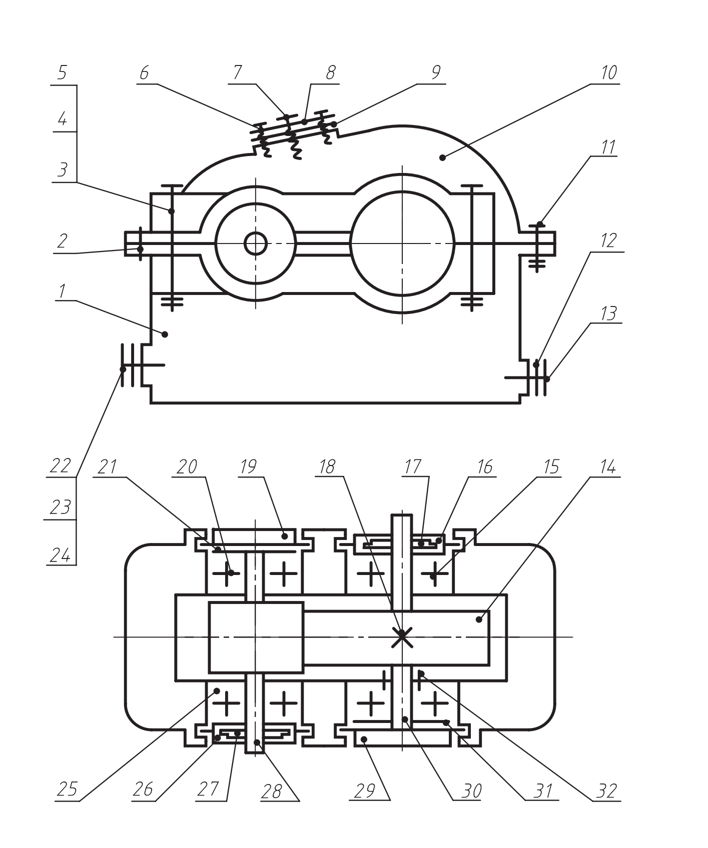
为了能够说明减速器的工作原理，并使减速器拆开后能装配复原，并且作为画装配图的依据，所以要画装配示意图。装配示意图内容包括示意图、零件序号及明细栏等，如图 10-26 所示。

10.4.3　减速器零件草图画法

1. 轴的零件草图画法

（1）轴及其结构特点　轴是减速器的主要零件，其作用是支承和连接轴上的零件，如齿轮、滚动轴承、密封圈等，使轴系零件具有确定的位置并传递动力和起密封的作用。轴的结构特点是同轴回转体，通常由圆柱、圆锥或圆筒等组成，在轴上常加工有键槽、销孔、螺纹等连接定位结构以及中心孔、退刀槽、倒角与倒圆等工艺结构。

轴的形状取决于轴系零件在轴上安装固定位置、轴在底座中的安装位置以及轴在加工和装配中的工艺要求。



序号	名称	数量	材料	备注
32	支承环	1	Q235A	
31	调整环	1	Q235A	
30	从动齿轮轴	1	45	
29	大闷盖	1	Q235A	
28	主动齿轮轴	1	45	
27	毛毡圈	1	毛毡圈	
26	小透盖	1	Q235A	
25	挡油环	2	Q235A	
24	橡胶垫圈	1	耐油橡胶	
23	支承片	1	Q235A	
22	油标	1	有机玻璃	
21	调整环	2	Q235A	
20	轴承	2		
19	小闷盖	1	Q235A	
18	键	1	35	A10×22
17	毛毡圈	1	毛毡圈	
16	大透盖	1	Q235A	
15	轴承	2		
14	从动齿轮	1	45	
13	油塞	1	Q235A	
12	垫圈	1	石棉	
11	螺栓	2	Q235A	M8×25
10	机盖	1	HT200	
9	垫片	1	石棉	
8	视孔盖	1	Q235A	
7	透气塞	1	Q235A	
6	螺钉	4	Q235A	M3×10
5	螺母	4	Q235A	M8
4	垫片	4	Q235A	A8
3	螺栓	4	Q235A	M8×65
2	定位销	2	35	4×18
1	底座	1	HT200	

减速器装配示意图		比例		(图号)
		数量	1	
制图		重量		共 张 第 张
校核				
审核				

图 10-26 减速器装配示意图

轴的长度尺寸主要取决于轴系零件的尺寸和功能尺寸，轴的直径尺寸主要取决于对轴的强度和刚度的要求。

（2）画轴的零件草图 分析轴的结构特点后，要根据轴画出零件草图，如图 10-27 所示减速器齿轮轴的零件草图，画法步骤如下：

1）确定表达方案。根据轴的结构特点，通常选择一个以轴向位置（轴线为水平方向）投影的主视图来表达轴的主要结构形状，轴上的键槽、销孔、润滑油孔可采用移出断面图表达，中心孔可采用局部剖视图表达，退刀槽、倒角、倒圆等细小结构可采用局部放大图来表达。轴的草图应优先采用 1∶1 比例。

2）标注零件尺寸。零件草图画好以后，应标注尺寸，首先分析确定零件尺寸基准。轴向尺寸基准一般以轴的定位端面（与齿轮接触的轴肩面）为主要基准，根据结构和工艺要求，选择轴的两端面或其他轴肩面为辅助基准。轴的直径尺寸以轴线为主要基准。

螺纹、键槽、销等标准件尺寸测出之后，要查表选用接近的标准值，并按照规定方法进行标注。工艺结构如退刀槽、砂轮越程槽、倒角及倒圆的尺寸尽量要按照常见结构标注方法标注或在技术要求中用文字说明。

由于轴的很多结构尺寸精度要求较高，要采用游标卡尺或千分尺测量，测出的尺寸要圆整或查表确定。凡轴与孔的配合尺寸，其公称尺寸应相同。

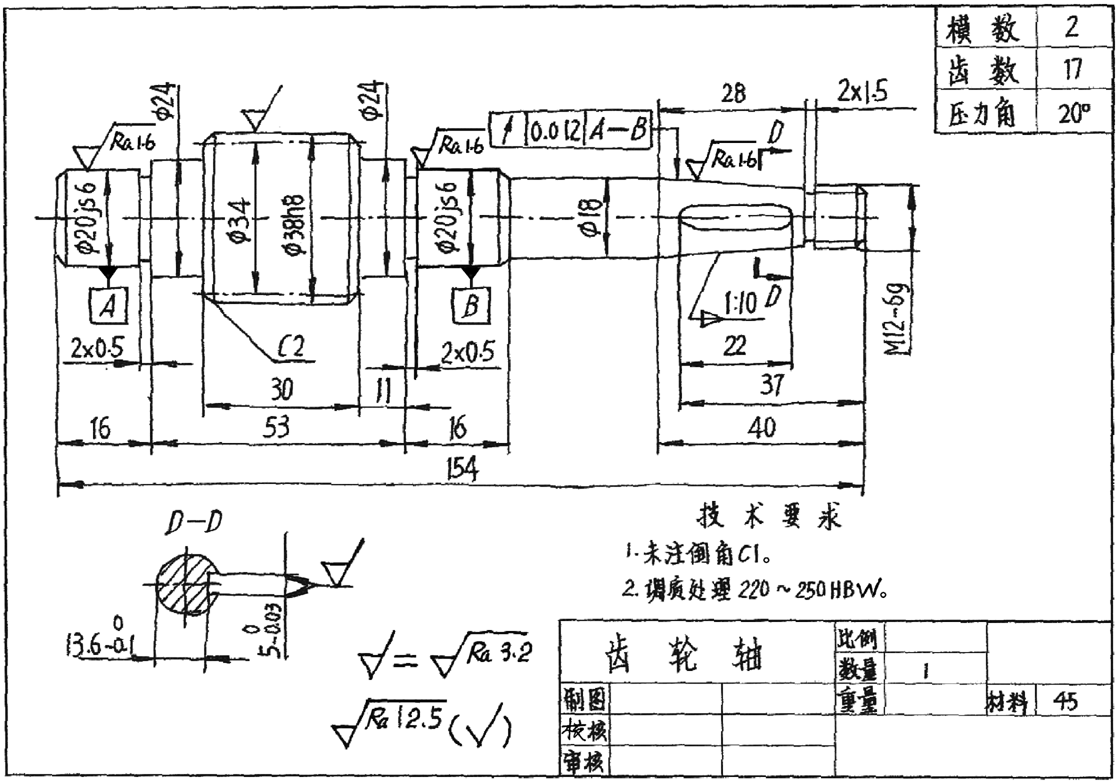


图 10-27　减速器齿轮轴的零件草图

3）标注技术要求。轴的尺寸精度、几何公差、表面结构要求直接影响减速器的传动精度和工作性能，因此要标注相应的技术要求。

① 尺寸公差。主动轴、从动轴与滚动轴承的配合，一般选用 js6 和 js7，轴上的连接件如齿轮、密封圈一般选用 K6，其次还要标注键槽两工作面的尺寸公差。具有配合要求的轴的尺寸公差一般选用 IT5～IT9，可参阅附表 14、附表 15 选择。

② 几何公差。形状公差可由位置公差限定，不提出专门要求，其位置公差可选择各配合部分的轴线相对整体轴线的径向圆跳动要求，其公差值一般选 0. 03mm。

轴的几何公差项目的选择可参考表 10-1，也可参考同类型的零件图选择。

表 10-1　轴的几何公差参考值

内　容	项　　目	公差值	对工作性能的影响
形状公差	与传动零件、轴承配合直径的圆度、圆柱度	IT6～IT7	影响轴系零件的传动效率、配合的松紧度及对中性
位置公差	与传动零件、轴承配合直径相对于轴线的径向圆跳动或全跳动	IT5～IT6	导致传动件、轴承的运动偏心
	齿轮、轴承的定位端面相对于轴线的轴向圆跳动或全跳动	IT6～IT7	影响齿轮、轴承的定位及受载的均匀性
	键槽对轴线的对称度	IT6	影响键受载的均匀性及键的拆卸

③ 表面结构要求。主动轴、从动轴的配合表面一般选用 $Ra1.6\mu m$，与齿轮的配合表面可选用 $Ra3.2\mu m$，轴的定位端面可选用 $Ra3.2\mu m$，键槽的工作面选用 $Ra3.2\mu m$，其余加工表面一般选择 $Ra6.3 \sim 12.5\mu m$。

轴的表面结构要求参考值见表 10-2。

表 10-2　轴的表面结构要求参考值

表面结构要求	参　考　值
与传动件、联轴器等零件的配合表面	$Ra0.4 \sim 1.6\mu m$
与普通精度的滚动轴承配合表面	$Ra0.8 \sim 1.6\mu m$
与传动件、联轴器等零件配合的轴肩端面	$Ra1.6 \sim 3.2\mu m$
与滚动轴承配合的轴肩端面	$Ra0.8 \sim 1.6\mu m$
平键键槽	$Ra1.6 \sim 3.2\mu m$(工作面),$Ra6.3\mu m$(非工作面)
其他表面	$Ra3.2 \sim 6.3\mu m$(工作面),$Ra12.5 \sim 25\mu m$(非工作面)

④ 材料与热处理。轴的材料一般采用 45 钢，加工成形后常采用调质处理，以增加材料的硬度，在技术要求中用文字说明，如调质硬度 220～250HBW。

4）填写标题栏。标题栏格式可参考有关零件图，要填写清楚、完整。

2. 底座零件草图画法

（1）底座及其结构特点　底座是减速器的一个重要零件，它用来支承和固定轴及轴系零件，保证齿轮的正确啮合达到最佳传动效果，并使底座内的零件具有良好的润滑和密封性能。

底座是剖分式结构，在与机盖的结合面上均布有若干个螺孔和销孔，对机盖进行连接定位。底座的两侧面加工有对称的两对半圆形轴承孔（与机盖轴承孔相配合），轴承孔里有密封沟槽。

减速器的齿轮采用浸油润滑，因此底座下部为存放机油的油池，从动齿轮的轮齿部分浸在机油中，转动时起到润滑作用。在底座端头的下方加工有测油孔，利用油标测量控制机油的油量，在另一端头底部加工有放油孔。

底座的左右两边有肋，起加强连接作用。

（2）画底座的零件草图　减速器底座零件草图如图 10-28 所示，画法步骤如下：

1）确定表达方案。由于底座属箱体类零件，其内外结构形状都比较复杂，因而所组成的一组视图也比较复杂，通常减速器底座零件草图应选择三个基本视图。主视图的选择应按照减速器工作位置时放置，选择外形特征较明显的一面作为投射方向。为表达底座的内部结构同时又保留外部形状，故采用了几个局部剖视图表达。俯视图采用了沿底座结合面投影的方法，表达出轴与轴系零件的装配位置，以及在结合面上的螺孔和销孔的分布情况。左视图采用了沿主动轴孔轴线、底座内腔、从动轴孔轴线不同位置剖切的阶梯剖视表达方法。未能表达清楚的内外细部结构可分别采用局部放大图和局部视图来表达，如测油孔、放油孔内部结构、安装底板穿槽和螺孔。画零件草图时，零件上一些工艺结构，如铸造圆角、起模斜度、倒角等要表达清楚。

减速器底座是铸件，其上常有砂眼、气孔等铸造缺陷，以及长期使用后造成的磨损、碰伤使得零件变形、缺损等，要修正恢复原形再绘制零件草图。

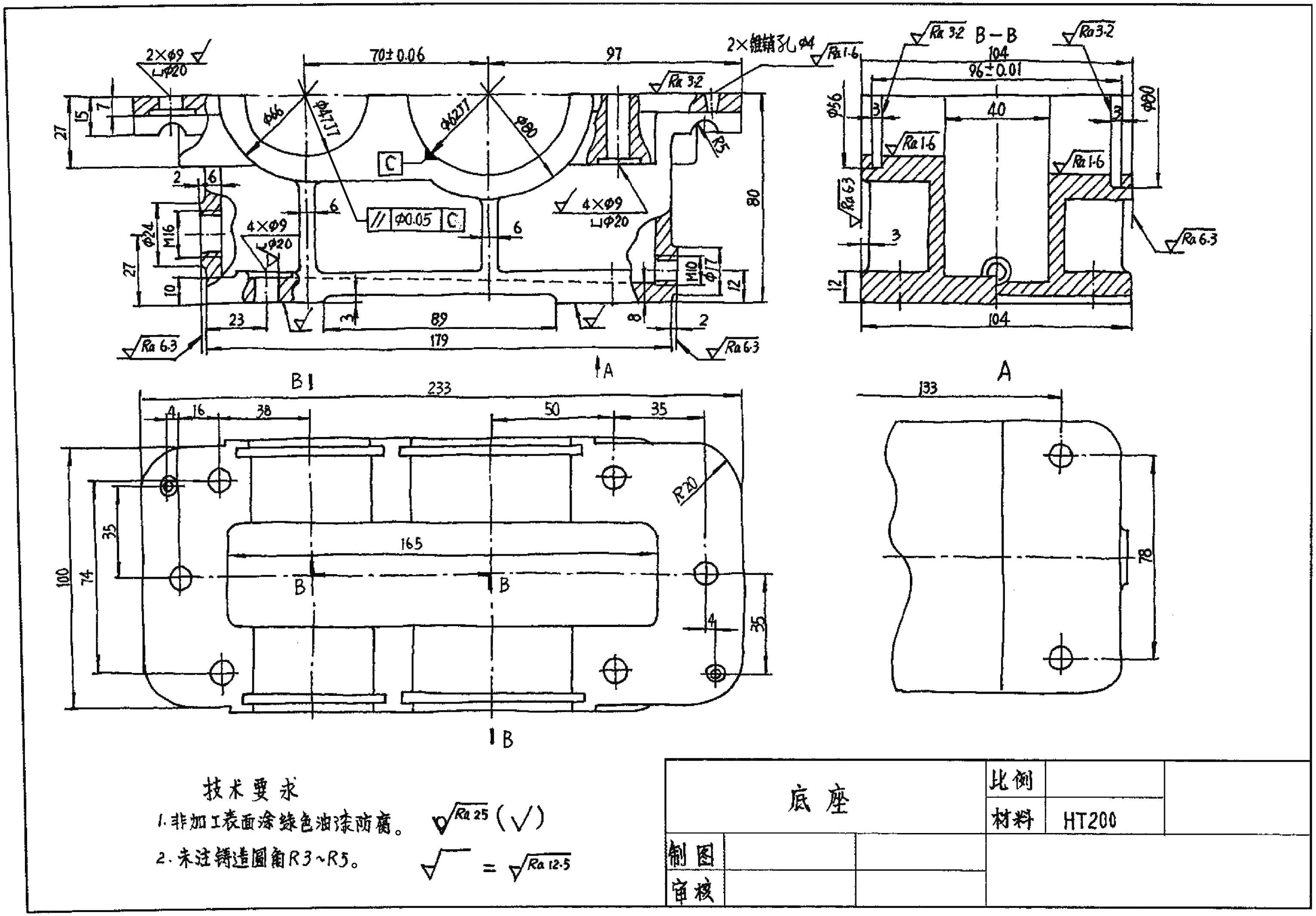


图 10-28 减速器底座零件草图

2）标注零件尺寸。底座的尺寸较多，首先要分析确定各个方向的尺寸基准。一般情况下底座的长度方向尺寸主要基准应选择主动轴或从动轴的轴线；宽度尺寸方向的底座结构一般是对称的，其主要尺寸基准应选择底座的对称面；高度方向尺寸主要基准应选择底座安装底板的底面，辅助基准一般选择轴线。

零件上标准结构的尺寸，如螺纹、销孔尺寸测出后还要查阅相应的国家标准选用标准值，并按照规定方法标注。

底座两轴孔中心距尺寸精度要求较高，其尺寸误差直接影响齿轮传动精度和工作性能，要采用游标卡尺或千分尺测量。凡轴与孔的配合尺寸，其公称尺寸应相同。

3）标注技术要求。底座上的尺寸公差、表面结构要求、几何公差等技术要求可采用类比法参考同类型的零件图进行选择。

① 尺寸公差。主要尺寸应保证其精度，如箱体的两轴线距离、轴线至底板底面高度，有配合关系轴孔的尺寸都要标注尺寸公差，标准公差等级的选用可参阅附表 14。

② 几何公差。有相互配合的零件的形状、位置要有公差，为了保证两齿轮正确啮合传动，底座上两轴轴线应有平行度要求。

减速器底座几何公差及标准公差等级的选择见表 10-3。

表 10-3　减速器底座几何公差及标准公差等级的选择

几何公差		标准公差等级
形状公差	轴承孔的圆度或圆柱度	IT6~IT7
	对称面的平行度	IT7~IT8
位置公差	轴承孔中心线间的平行度	IT6~IT7
	两轴承孔中心线的同轴度	IT6~IT8
	轴承孔端面对中心线的垂直度	IT7~IT8
	两轴承孔中心线间的垂直度	IT7~IT8

③ 表面结构要求。有配合要求和经常拆卸的表面结构要求较高，如轴与孔的配合表面结构要求一般选用 *Ra*1.6 ~ 3.2μm，轴系零件如齿轮、密封圈表面结构要求可选用 *Ra*3.2μm，其他加工表面如螺孔、一般接触面等可选用 *Ra*6.3~12.5μm，铸造表面只标注符号，可不作参数值要求。减速器底座表面结构要求参考表见表 10-4。

表 10-4　减速器底座表面结构要求参考表

加工表面	参数值(*Ra*)/μm	加工表面	参数值(*Ra*)/μm
减速器上下盖结合面	1.6~3.2	减速器底面	6.3~12.5
轴承座孔表面	1.6~3.2	轴承座孔外端面	3.2~6.3
圆锥销孔表面	1.6~3.2	螺孔端面	6.3~12.5
嵌入盖凸缘槽面	3.2~6.3	油塞孔端面	6.3~12.5
窥视孔盖结合面	12.5	其余表面	12.5

④ 材料与热处理。底座是铸件，一般采用 HT200，其毛坯应经过时效处理，这些内容可在技术要求中用文字注写。

4）填写标题栏。

3. 机盖零件草图画法

（1）机盖及其结构特点　机盖也是减速器的一个重要零件，它的作用是与底座结合，用来共同支承固定和包容轴系零件。支承孔内加工有密封沟槽，与密封件配合起到密封作用。

机盖也是剖分式结构。机盖的结合面上均匀布置和底座相同位置和相同数量螺孔和销孔，与此连接定位。机盖两壁上加工有对称的两对半圆轴承孔（与底座轴承孔配合）。

机盖的顶部设计有窥视孔。窥视孔盖一般采用透明材料制作，用于检查齿轮传动的啮合情况、润滑油量等，机油也由此注入。

（2）画机盖的草图　减速器机盖零件草图如图 10-29 所示，画法步骤如下：

1）确定表达方案。由于机盖内外结构都比较复杂，因而表达方法也比较复杂。通常机盖视图应选择三个基本视图。主视图的选择按照减速器工作位置放置，选择外形特征较明显的一面作为投射方向。为表达机盖的内部结构情况同时又保留外形，故采用了几处局部剖视图。俯视图表达机盖顶部和窥视孔的外部形状，以及在机盖凸缘上的螺孔和销孔的分布情况。左视图采用沿主动轴孔轴线、机盖内腔、从动轴孔轴线几个不同位置剖切的阶梯剖视。未能表达清楚的内外细部结构可分别采用局部放大图和局部视图来表达，如窥视孔、销孔等。画草图时，零件上一些工艺结构，如铸造圆角、起模斜度、倒角等要表达清楚。

减速器机盖是铸件，零件上常有砂眼、气孔等铸造缺陷，以及长期使用后造成的磨损、碰伤使得零件变形、缺损等，画草图时要修正恢复原形后才能表达清楚。

2）标注零件尺寸。减速器机盖结构比较复杂，尺寸也较多，首先要分析确定尺寸基准。机盖的长度方向尺寸基准应选择轴线为主要基准；宽度尺寸方向的机盖结构也是对称的，其主要尺寸基准应选择机盖的对称面；高度方向尺寸主要基准应选择机盖与底座的结合面。

3）注写技术要求。机盖两轴孔中心距尺寸精度要求较高，其尺寸误差直接影响齿轮传动精度和工作性能，要采用游标卡尺或千分尺测量并加以圆整或查表确定公称尺寸。凡轴与孔的配合尺寸，其公称尺寸应相同，各直径尺寸应与相配合零件的关联尺寸一致。

机盖零件的技术要求与底座零件的技术要求基本相同，这里就不再赘述。

4）写标题栏。

10.4.4　减速器装配图画法

1. 减速器装配图表达方法的选择

图 10-30 所示为减速器装配图。从图中看出，减速器选择了三个基本视图，即采用主、俯、左视图。通常将减速器以工作位置放置，选择了能够较多反映出减速器的外部形状特征和各零件的装配位置的方向作为主视图投射方向。在主视图上采用几处局部剖视图表达出窥视孔、测油孔、放油孔的内部结构以及螺栓、圆锥销的连接情况。俯视图采用沿底座与机盖结合面的剖切画法，表达出两齿轮的啮合情况及轴系零件的装配位置和配合关系，同时也表达出螺孔和销孔沿底座凸缘处的分布情况。左视图中，部分未表达清楚的细部结构可采用局部放大图表达。

2. 减速器装配图画法

减速器装配图画法如图 10-31 所示。

1）定比例、选图幅、视图布局定位。图形比例及图纸幅面大小应根据减速器的整体大小、复杂程度，同时还要对尺寸标注、序号和明细栏所占的位置进行综合考虑来确定。视图

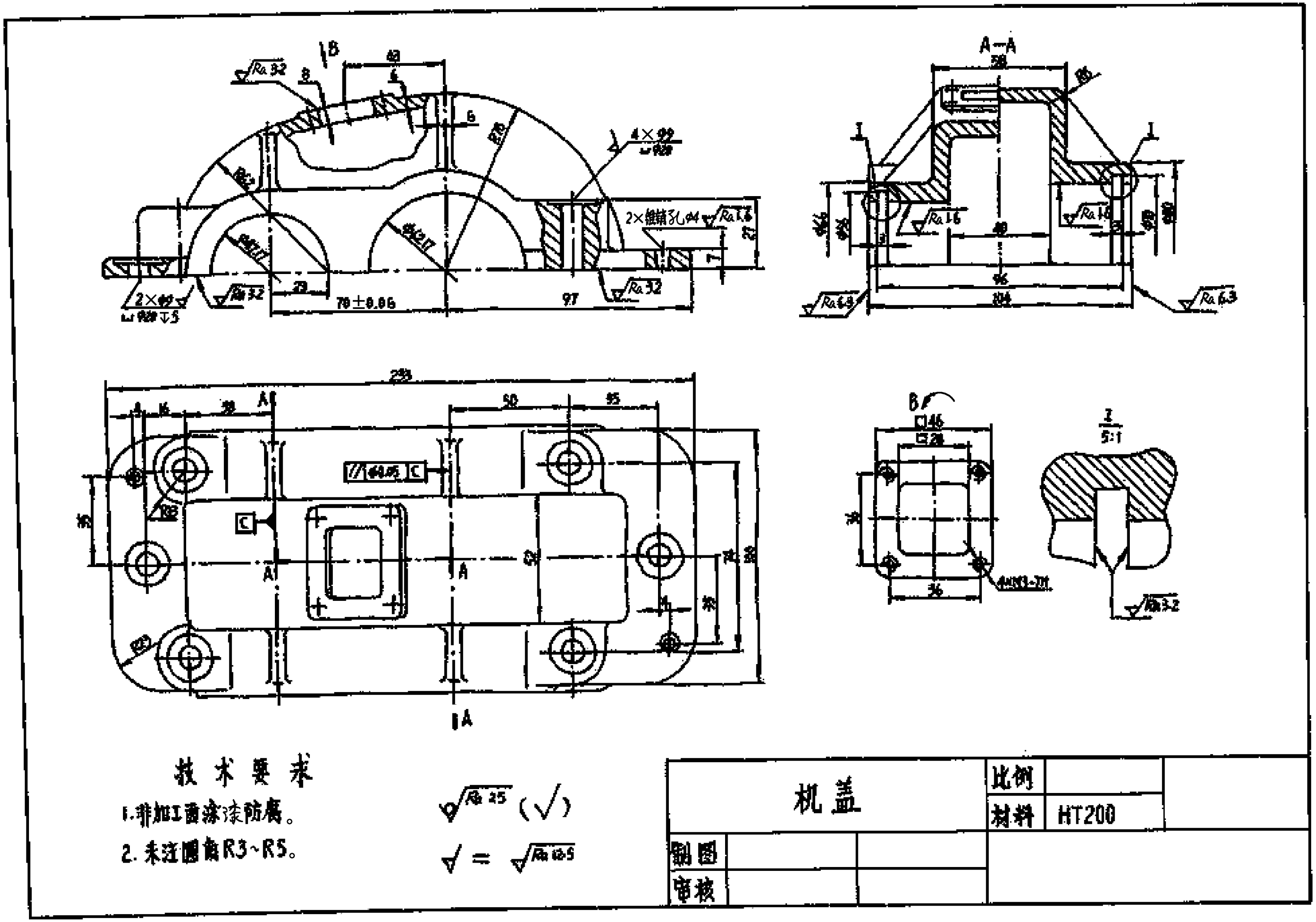
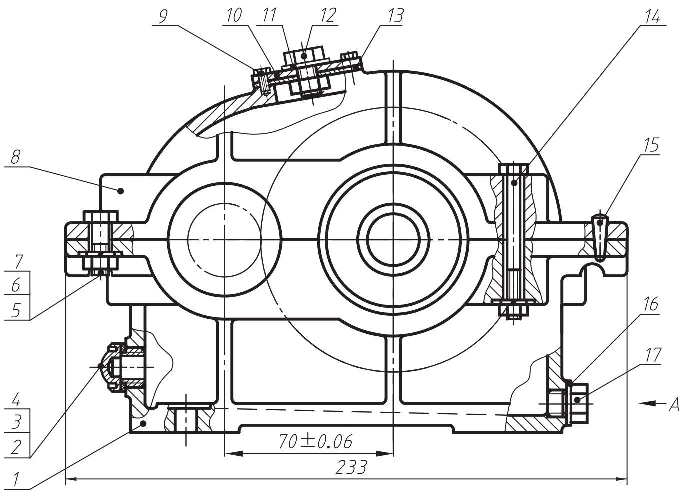
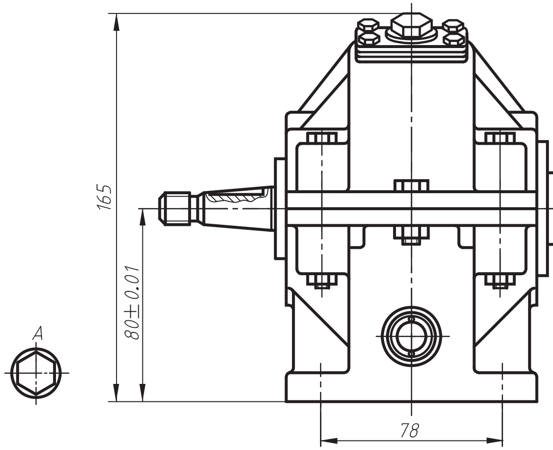


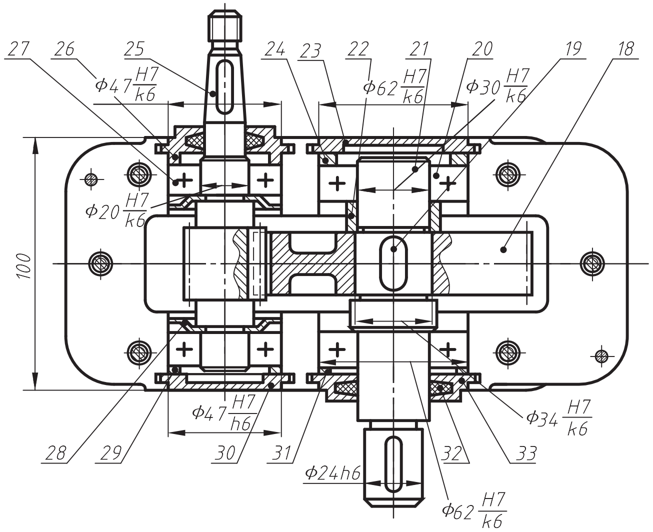
图 10-29　减速器机盖零件草图





技 要求

1. 各 件装配前需用 油清洗干 。
2. 零件装配好后，机箱内按规定高度注入润滑油。
3. 表面涂油漆防腐。
4. 减 比53 /17=3.12。



					14	栓	4	Q235A	M8×65
33	大 盖	1	Q235A		13	垫片	1	石	
32	封	2	毡		12	气塞	1	Q235A	
31	调整环	1	Q235A		11	垫圈	1	35	
30	小闷盖	1	Q235A		10	视 盖	1	Q235A	
29	调整环	2	Q235A		9	螺钉	4	Q235A	M3×10
28	挡油环	2	Q235A		8	机盖	1	HT200	
27	滚动轴承204	2		GB/T 273.3	7	垫圈	2	35	
26	小透盖	1	Q235A		6	螺栓	2	Q235A	M8×25
25	主动齿轮轴	1	45	m=2 z=17	5		2	Q235A	M8
24	调整环	2	Q235A		4	橡胶垫圈	1	油橡胶	
23	大闷盖	1	Q235A		3	支承片	1	Q235A	
22	调整环	1	Q235A		2	油标	1	有机玻	
21	从动轴	1	45		1	底座	1	HT200	
20	滚动轴承206	2		GB/T 273.3	序号	称	数	材	备注
19	键	1	35	A10×22	减 器装配		比		(号)
18	从动齿	1	45	m=2 z=53			数	1	
17	油塞	1	Q235A		制		重		共 张 第 张
16	垫圈	1	油橡胶		校核				
15	定位销	2	35	4×18	审核				

图 10-30 减速器装配图

布置定位通过画各个视图的中心线、基准线和对称线来安排，如图 10-31a 所示。

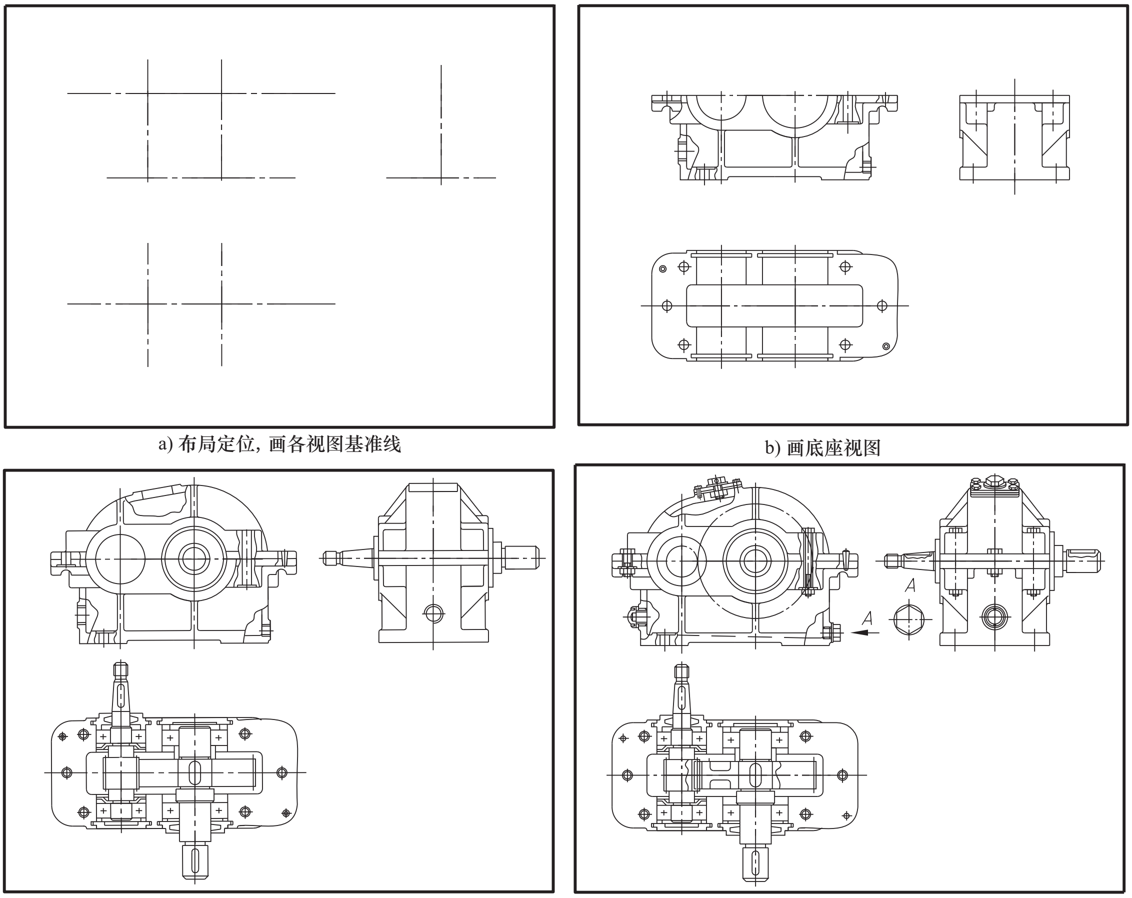
2）首先画出底座各个视图的外形轮廓，如图 10-31b 所示。

3）在底座基础上按照装配位置画机盖主视图和左视图外形轮廓，并在俯视图上按照零件的形状和装配位置画出轴及轴系零件视图，如图 10-31c 所示。

4）在主视图上画出窥视孔、测油孔、放油孔和螺栓、圆锥销连接的局部剖视图以及在其他视图上的投影，并补全其他细部结构的视图，如油塞采用 *A* 向局部视图表达等，如图 10-31d 所示。

5）画完各视图之后，要进行检查修正，确定无误后按照图线的粗细要求和规格类型将图线描深加粗。

6）标注尺寸，注写技术要求，编写零件序号，填写标题栏和明细栏，完成减速器装配图，如图 10-30 所示。



a) 布局定位，画各视图基准线

b) 画底座视图

c) 画机盖、轴、齿轮等轴系零件视图

d) 画其他零件及细部结构视图

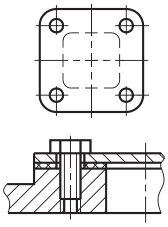
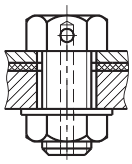
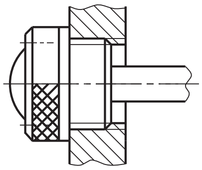
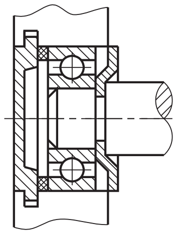
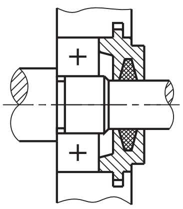
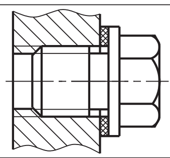
图 10-31　减速器装配图画法

10. 4. 5　减速器附件画法

减速器有很多附件，在装配画法中，应考虑这些附件表达的准确性和合理性，以保证部件的工作性能要求和装拆的方便。

减速器附件的画法见表 10-5。

表 10-5　减速器附件的画法

名称	装配画法	作　　用
窥视孔及窥视孔盖		窥视孔用于观察减速器齿轮传动的啮合情况、润滑状态、接触斑点及齿轮间隙，机箱里的润滑油也由此注入。窥视孔一般设计在机盖顶部 窥视孔盖用螺钉连接在机盖上，之间加有密封垫片
透气塞		减速器运转气压增大时，可从透气塞中及时排出气体，保证减速器内压力均衡。透气塞常采用六角头螺栓式，中间有气孔，在窥视孔盖板与机盖中间加有密封垫片
油标		油标用于检查减速器内油面高度，设计在底座下部。常见油标有圆形油标、管式油标和杆式油杆等
挡油环、轴承、闷盖		装配挡油环、闷盖和橡胶垫圈，用来固定轴承外圆，并起到密封作用
毛毡密封		将毛毡或石棉嵌入闷盖的沟槽里起到密封作用
油塞		排油孔处装配油塞，常用六角头螺栓式，与底座接触面处加有橡胶垫片

10.4.6　减速器零件图画法

画零件图不是简单地抄画零件草图，因为零件图是制造加工零件的重要技术文件，比零件草图更加准确、完善，所以针对零件草图中采用的视图表达方法、尺寸标注和技术要求仍存在不合理、不完整的地方，在画零件图时要加以调整和修改。

画零件图中，要注意配合尺寸、关联尺寸及其他重要尺寸必须保持一致，要反复认真检查校核，确定无误，完成全部零件图后减速器测绘工作才告结束，如图 10-32~图 10-34 所示。

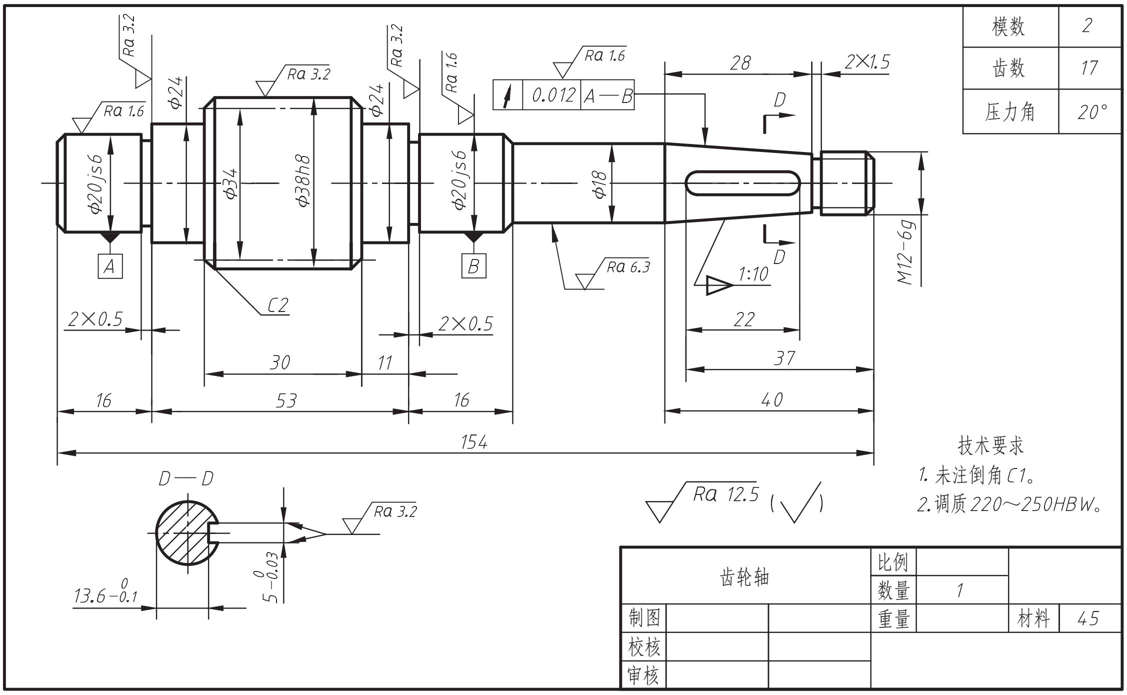


图 10-32　减速器齿轮轴零件图

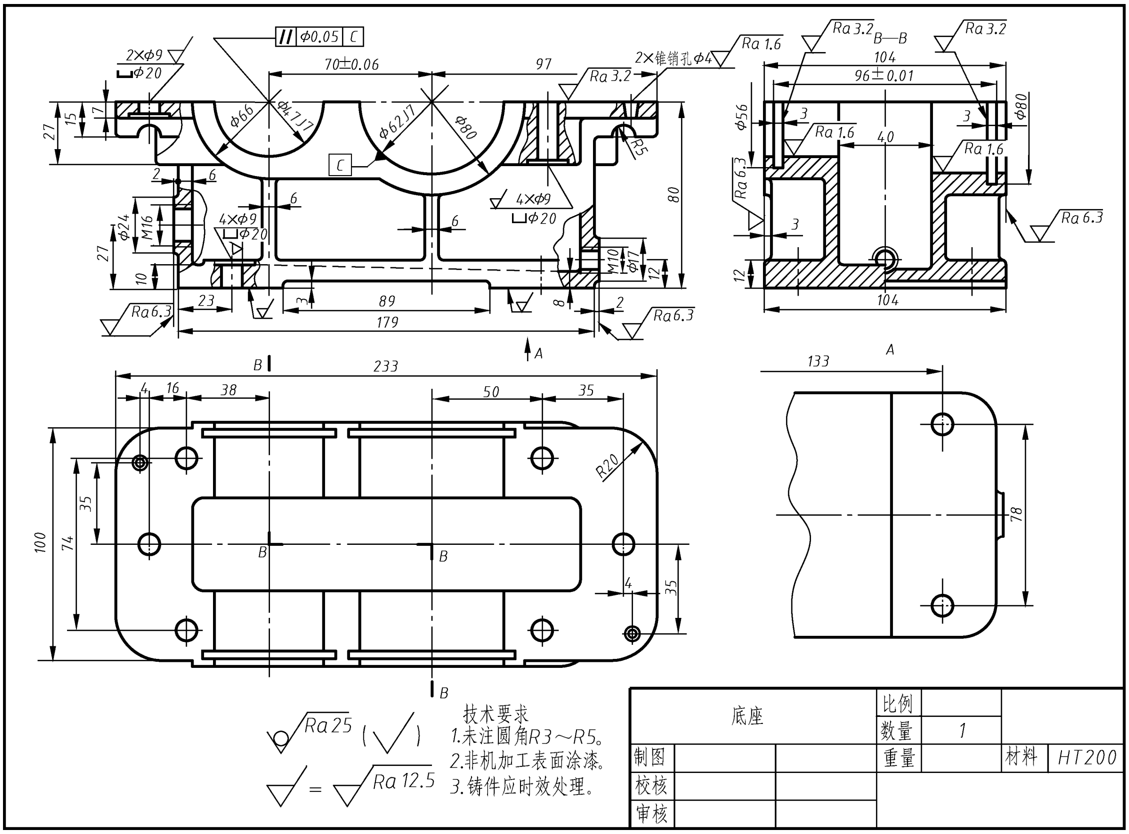


图 10-33　减速器底座零件图

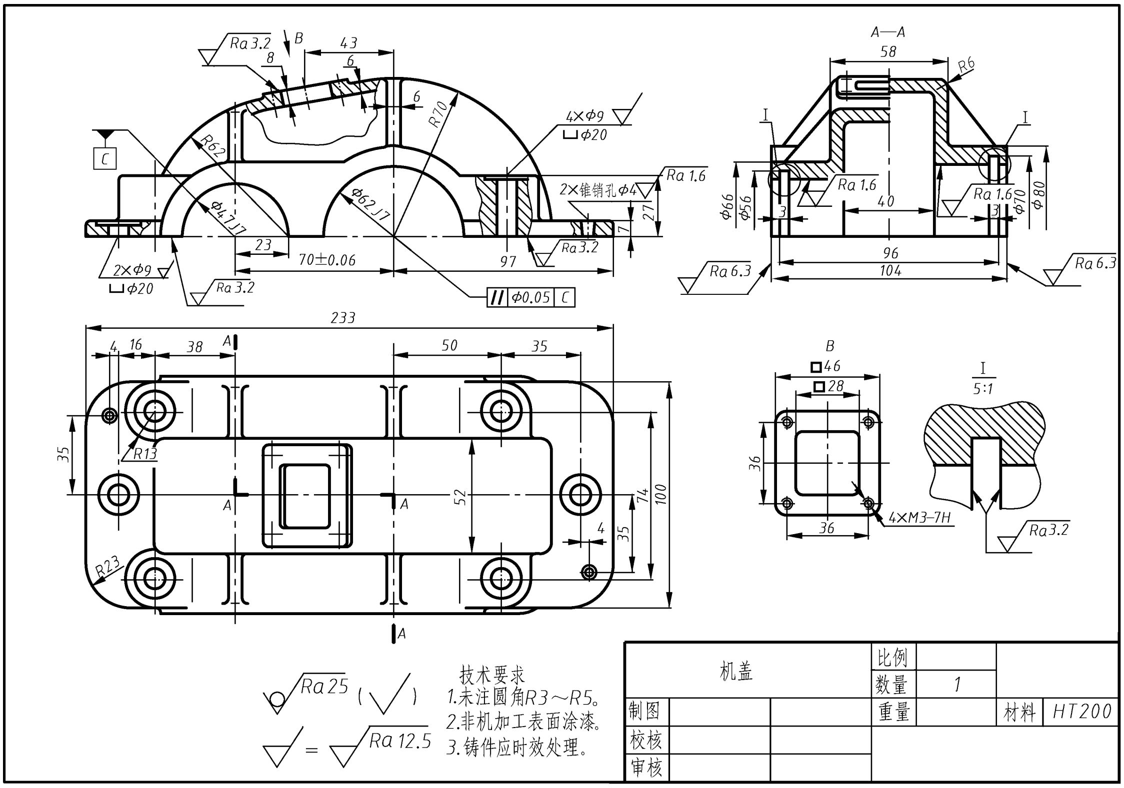


图 10-34　减速器机盖零件图

本章小结

主要内容和重点：

本章主要介绍零部件测绘方法与步骤、零件尺寸的测量、典型零件测绘、减速器测绘，重点介绍零件尺寸的测量方法、典型零件测绘、减速器测绘课程内容。

学习要求：

零部件测绘是本课程综合性的教学实践环节，是对机械工程制图课程的基本知识、投影法及绘制和识读零件图、装配图知识的综合运用，并在实际训练中培养解决工程实际问题的能力。学习本章应熟悉和掌握以下方面的知识与技能。

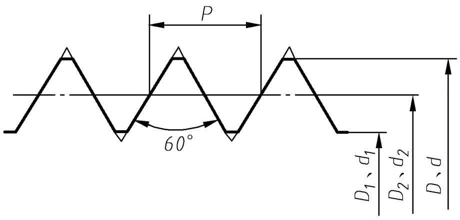
1）了解零部件测绘方法与步骤，熟悉常见测量工具及零件尺寸的测量方法。

2）熟悉典型零件测绘方法，能测绘完成轴套类、盘盖类、叉架类、箱壳类零件的零件图。

3）熟悉部件测绘方法，能读懂装配示意图，并能绘制减速器的各零件草图、装配图和零件图。

附　　录

附表 1　普通螺纹（GB/T 193—2003、GB/T 196—2003）

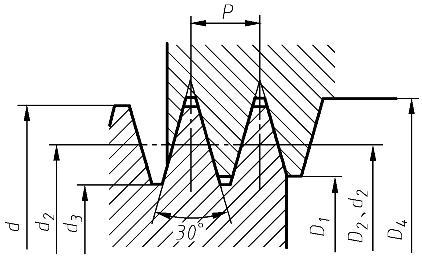


标记示例：
M10-5g6g-S：
粗牙普通螺纹，公称直径 10mm，右旋，中径公差带代号 5g，顶径公差带代号 6g，短旋合长度的外螺纹
M10×1-6H-LH：
细牙普通螺纹，公称直径 10mm，螺距 1mm，中径和顶径公差带代号都是 6H，中等旋合长度的内螺纹，左旋

单位：mm

公称直径 D、d		螺距 P		粗牙螺纹小径 D_1、d_1
第一系列	第二系列	粗牙	细牙	
3		0.5	0.35	2.459
4		0.7	0.5	3.242
5		0.8		4.134
6		1	0.75	4.917
8		1.25	1、0.75	6.647
10		1.5	1.25、1、0.75	8.376
12		1.75	1.25、1	10.106
	14	2	1.5、(1.25)、1	11.835
16			1.5、1	13.835
	18	2.5	2、1.5、1	15.294
20				17.294
	22			19.294
24		3		20.752
30		3.5	(3)、2、1.5、1	26.211
36		4	3、2、1.5	31.670
	39			34.670

附表 2　梯形螺纹（GB/T 5796.4—2005、GB/T 5796.3—2005）

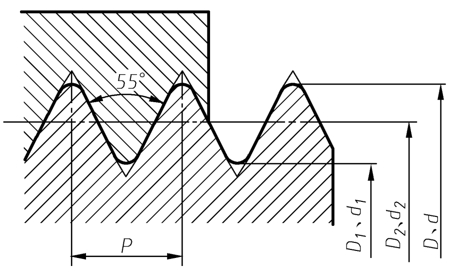


标记示例:
Tr40×7—7H
单线梯形内螺纹,公称直径 40mm,螺距 7mm,右旋,中径公差带代号 7H,中等旋合长度
Tr60×14(P7)LH-8e-L
双线梯形外螺纹,公称直径 60mm,导程 14mm、螺距 7mm,左旋,中径公差带代号 8e,长旋合长度

公称直径 d		螺距	中径	大径	小径		公称直径 d		螺距	中径	大径	小径	
第一系列	第二系列	P	$d_2=D_2$	D_4	d_3	D_1	第一系列	第二系列	P	$d_2=D_2$	D_4	d_3	D_1
8		1.5	7.25	8.3	6.2	6.5	32		6	29.0	33	25	26
	9	2	8.0	9.5	6.5	7		34		31.0	35	27	28
10			9.0	10.5	7.5	8	36			33.0	37	29	30
	11		10.0	11.5	8.5	9		38	7	34.50	39	30	31
12		3	10.5	12.5	8.5	9	40			36.50	41	32	33
	14		12.5	14.5	10.5	11		42		38.50	43	34	35
16		4	14.0	16.5	11.5	12	44			40.50	45	36	37
	18		16.0	18.5	13.5	14		46	8	42.0	47	37	38
20			18.0	20.5	15.5	16	48			44.0	49	39	40
	22	5	19.5	22.5	16.5	17		50		46.0	51	41	42
24			21.5	24.5	18.5	19	52			48.0	53	43	44
	26		23.5	26.5	20.5	21		55	9	50.50	56	45	46
28			25.5	28.5	22.5	23	60			55.50	61	50	51
	30	6	27.0	31.0	23.0	24		65	10	60.0	66	54	55

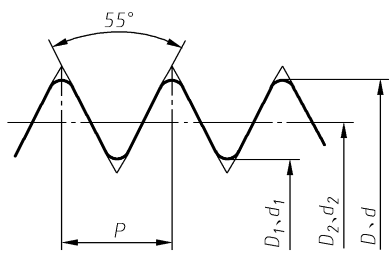
附表 3　管螺纹

55°密封管螺纹(GB/T 7306.2—2000)



标记示例:
$R_2$1/2——尺寸代号为 1/2 的右旋圆锥外螺纹
Rc1/2——尺寸代号为 1/2 的右旋圆锥内螺纹
Rc/$R_2$1/2——尺寸代号为 1/2 的右旋圆锥螺纹副

55°非密封管螺纹(GB/T 7307—2001)



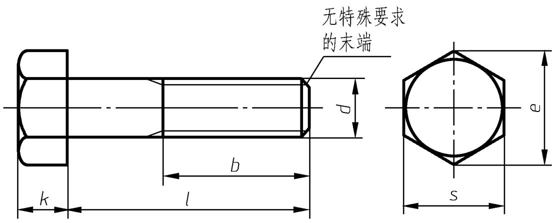
标记示例:
G1/2A——尺寸代号为 1/2 的 A 级右旋圆柱外螺纹
G1/2——尺寸代号为 1/2 的右旋圆柱内螺纹
G1/2B——尺寸代号为 1/2 的 B 级圆柱外螺纹
G1/2A-LH——尺寸代号为 1/2 的左旋圆柱螺纹副

（续）

尺寸代号	大径 $d=D$ /mm	中径 $d_2=D_2$ /mm	大径 $d_1=D_1$ /mm	螺距 P/mm	牙高 h/mm	每 25.4mm 内所包含的牙数 n
1/4	13.157	12.301	11.445	1.337	0.856	19
3/8	16.662	15.806	14.950	1.337	0.856	19
1/2	20.955	19.793	18.631	1.814	1.162	14
3/4	26.441	25.279	24.117	1.814	1.162	14
1	33.249	31.770	30.291	2.309	1.479	11
1¼	41.910	40.431	38.952	2.309	1.479	11
1½	47.803	46.324	44.845	2.309	1.479	11
2	59.614	58.135	56.656	2.309	1.479	11
2¼	75.184	73.705	72.226	2.309	1.479	11
3	87.884	86.405	84.926	2.309	1.479	11
4	113.030	111.551	110.072	2.309	1.479	11
5	138.430	136.951	135.472	2.309	1.479	11
6	163.830	162.351	160.872	2.309	1.479	11

附表 4　六角头螺栓

六角头螺栓—C 级（GB/T 5782—2016）

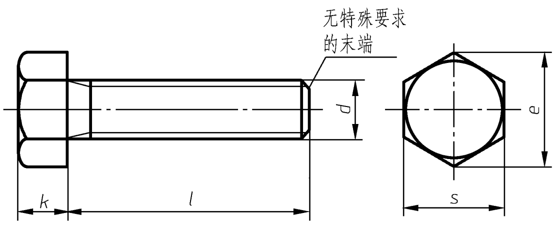


标记示例：

螺栓　GB/T 5780　M12×80

螺纹规格 d=M12，公称长度 l=80mm，性能等级为 4.8 级，不经表面处理，C 级的六角头螺栓

六角头螺栓全螺纹—C 级（GB/T 5781—2016）



标记示例：

螺栓　GB/T 5781　M10×60

螺纹规格 d=M10，公称长度 l=60mm，性能等级为 4.8 级，不经表面处理，全螺纹，C 级的六角头螺栓

单位：mm

螺纹规格 d		M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48
$b_{参考}$	$l≤125$	16	18	22	26	30	38	46	54	66	—	—	—
	$125<l≤200$	22	24	28	32	36	44	52	60	72	84	96	108
	$l>200$	35	37	41	45	49	57	65	73	85	97	109	121
$k_{公称}$		3.5	4.0	5.3	6.4	7.5	10	12.5	15	18.7	22.5	26	30

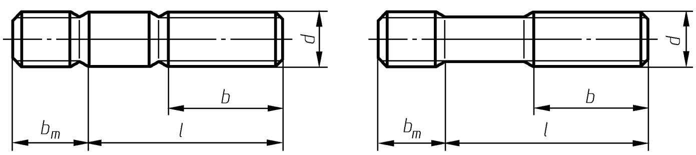
（续）

螺纹规格 d		M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48
s_{max}		8	10	13	16	18	24	30	36	46	55	65	75
e_{min}		8.63	10.89	14.2	17.59	19.85	26.17	32.95	39.55	50.85	60.79	71.3	82.6
d_{smax}		5.48	6.48	8.58	10.58	12.7	16.7	20.84	24.84	30.84	37.0	43.0	49.0
$l_{范围}$	GB/T 5780—2016	25~50	30~60	40~80	45~100	55~120	55~160	80~200	100~240	120~300	140~360	180~420	200~480
	GB/T 5781—2016	10~50	12~60	16~80	20~100	25~120	30~160	40~200	50~240	60~300	70~360	80~420	100~480
$l_{系列}$		10、12、16、20~65（5 进位）、70~160（10 进位）、180~500（20 进位）											

附表 5　双头螺柱

$b_m = d$（GB 897—1988）　$b_m = 1.25d$（GB 898—1988）

$b_m = 1.5d$（GB 899—1988）　$b_m = 2d$（GB 900—1988）



A型　　B型

标记示例：

螺柱　GB 900　M10×50

两端均为粗牙普通螺纹，d=10mm，公称长度 l=50mm，性能等级为 4.8 级，不经表面处理，$b_m = 2d$，B 型的双头螺柱

螺柱　GB 900　AM10-M10×1×50

旋入机体一端为粗牙普通螺纹、旋螺母一端为螺距 P=1mm 的细牙普通螺纹，d=10mm，公称长度 l=50mm，性能等级为 4.8 级，不经表面处理，$b_m = 2d$，A 型的双头螺柱

单位：mm

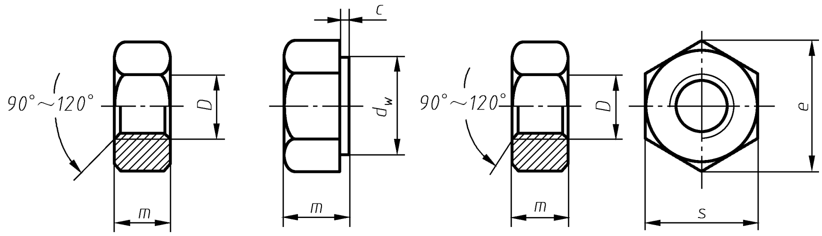
螺纹规格 d	b_m（旋入机体端长度）				$\frac{l（双头螺柱长度）}{b（旋螺母端长度）}$
	GB 897	GB 898	GB 899	GB 900	
M4	—	—	6	8	$\frac{16\sim22}{8}$、$\frac{25\sim40}{14}$
M5	5	6	8	10	$\frac{16\sim22}{10}$、$\frac{25\sim50}{16}$
M6	6	8	10	12	$\frac{16\sim22}{10}$、$\frac{25\sim30}{14}$、$\frac{32\sim90}{22}$
M8	8	10	12	16	$\frac{20\sim22}{10}$、$\frac{16\sim22}{16}$、$\frac{16\sim22}{10}$
M10	10	12	15	20	$\frac{25\sim28}{14}$、$\frac{30\sim38}{16}$、$\frac{40\sim120}{26}$、$\frac{130}{32}$
M12	12	15	18	24	$\frac{25\sim30}{14}$、$\frac{32\sim40}{16}$、$\frac{45\sim120}{26}$、$\frac{130\sim180}{32}$
M16	16	20	24	32	$\frac{30\sim38}{16}$、$\frac{40\sim55}{20}$、$\frac{60\sim120}{30}$、$\frac{130\sim200}{36}$

（续）

螺纹规格 d	b_m（旋入机体端长度）				l（双头螺柱长度）/ b（旋螺母端长度）
	GB 897	GB 898	GB 899	GB 900	
M20	20	25	30	40	$\frac{35\sim40}{20}$、$\frac{45\sim65}{30}$、$\frac{70\sim120}{38}$、$\frac{130\sim200}{44}$
M24	24	30	36	48	$\frac{45\sim50}{25}$、$\frac{55\sim75}{35}$、$\frac{80\sim120}{46}$、$\frac{130\sim200}{52}$
M30	30	38	45	60	$\frac{60\sim65}{40}$、$\frac{70\sim90}{50}$、$\frac{95\sim120}{66}$、$\frac{130\sim300}{72}$、$\frac{210\sim250}{85}$
M36	36	45	54	72	$\frac{65\sim75}{45}$、$\frac{80\sim110}{60}$、$\frac{120}{78}$、$\frac{130\sim200}{84}$、$\frac{210\sim300}{97}$
M42	42	52	63	84	$\frac{70\sim80}{50}$、$\frac{85\sim110}{70}$、$\frac{120}{90}$、$\frac{130\sim200}{96}$、$\frac{210\sim300}{109}$
M48	48	60	72	96	$\frac{80\sim90}{60}$、$\frac{95\sim110}{80}$、$\frac{120}{102}$、$\frac{130\sim200}{108}$、$\frac{210\sim300}{121}$
$l_{系列}$	12、(14)、16、(18)、20、(22)、25、(28)、30、(32)、35、(38)、40、45、50、(55)、60、(65)、70、(75)、80、(85)、90、(95)、100~260(10 进位)、280、300				

附表 6　1 型六角螺母

1 型六角螺母（GB/T 6170—2015）
1 型六角螺母—细牙（GB/T 6171—2016）
1 型六角螺母—C 级（GB/T 41—2016）



A 级和 B 级　　C 级

标记示例：

螺母　GB/T 41　M12

螺纹规格 D=M12、性能等级为 5 级，不经表面处理，C 级的 1 型六角螺母

螺母　GB/T 6171　M24×2

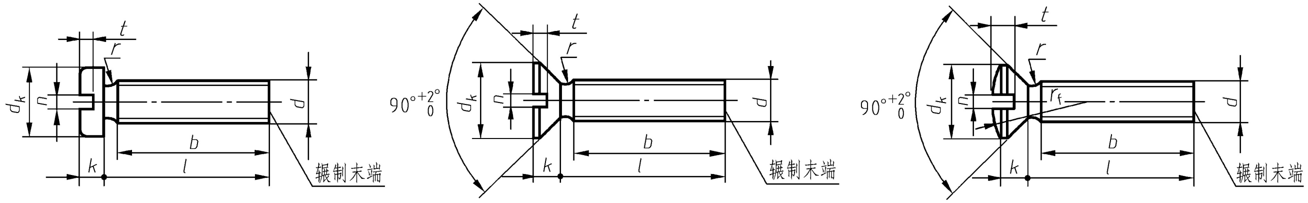
螺纹规格 D=M24，性能等级为 8 级，不经表面处理，细牙 B 级的 1 型六角螺母

单位：mm

螺纹规格	D	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48
	$D\times P$	—	—	—	M8×1	M10×1	M12×1.5	M16×1.5	M20×2	M24×2	M30×2	M36×3	M42×3	M48×3
c_{max}		0.4	0.5		0.6				0.8				1	
s_{max}		7	8	10	13	16	18	24	30	36	46	55	65	75
e_{min}	A、B 级	7.66	8.79	11.05	14.38	17.77	20.03	26.75	32.95	39.55	50.85	60.79	71.3	82.6
	C 级	—	8.63	10.89	14.2	17.59	19.85	26.17						
m_{max}	A、B 级	3.2	4.7	5.2	6.8	8.4	10.8	14.8	18	21.5	25.6	31	34	38
	C 级	—	5.6	6.4	7.9	9.5	12.2	15.9	19	22.3	26.4	31.9	34.9	38.9
d_{wmin}	A、B 级	5.9	6.9	8.9	11.6	14.6	16.6	22.5	27.7	33.3	42.8	51.1	60	69.5
	C 级	—	6.7	8.7	11.5	14.5	16.5	22						

附表 7　螺钉

开槽盘头螺钉（GB/T 67—2016）　　开槽沉头螺钉（GB/T 68—2016）　　开槽半沉头螺钉（GB/T 69—2016）



标记示例：

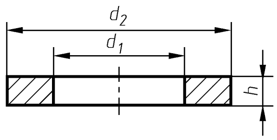
螺钉　GB/T 67　M5×20

螺纹规格为 M5，公称长度 l=20mm，性能等级为 4.8 级，不经表面处理的 A 级开槽盘头螺钉

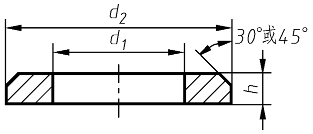
单位：mm

螺纹规格 d	P	b_{min}	$n_{公称}$	r_f	f	k_{max}		$d_{k\,max}$		t_{min}			$l_{范围}$		全螺纹时最大长度	
				GB/T 69	GB/T 69	GB/T 67	GB/T 68 GB/T 69	GB/T 67	GB/T 68 GB/T 69	GB/T 67	GB/T 68	GB/T 69	GB/T 67	GB/T 68 GB/T 69	GB/T 67	GB/T 68 GB/T 69
M2	0.4	25	0.5	4	0.5	1.3	1.2	4	3.8	0.5	0.4	0.8	2.5~20	3~20	30	
M3	0.5		0.8	6	0.7	1.8	1.65	5.6	5.5	0.7	0.6	1.2	4~30	5~30		
M4	0.7	38	1.2	9.5	1	2.4	2.7	8	8.4	1	1	1.6	5~40	6~40	40	45
M5	0.8				1.2	3		9.5	9.3	1.2	1.1	2	6~50	8~50		
M6	1		1.6	12	1.4	3.6	3.3	12	11.3	1.4	1.2	2.4	8~60	8~60		
M8	1.25		2	16.5	2	4.8	4.65	16	15.8	1.9	1.8	3.2	10~80			
M10	1.5		2.5	19.5	2.3	6	5	20	18.3	2.4	2	3.8	12~80			
$l_{系列}$	2、2.5、3、4、5、6、8、10、12、(14)、16、20、25、30、35、40、45、50、(55)、60、(65)、70、(75)、80															

附表 8　垫圈



平垫圈-A 级(GB/T 848—2002)



平垫圈　倒角型-A 级(GB/T 97.2—2002)

标记示例:

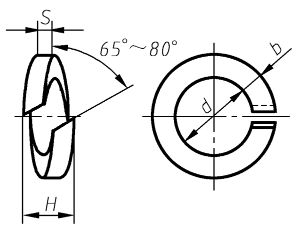
垫圈　GB/T 97.1　8

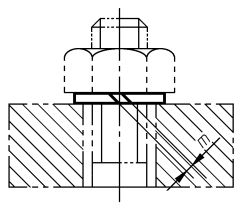
标准系列,公称规格 8mm,由钢制造的硬度等级为 200HV 级,不经表面处理的,产品等级为 A 级的平垫圈

单位:mm

公称规格(螺纹大径 d)		4	5	6	8	10	12	14	16	20	24	30	36	42	48
GB/T 97.1	d_{1min}	4.3	5.3	6.4	8.4	10.5	13	15	17	21	25	31	37	45	52
	d_{2max}	9	10	12	16	20	24	28	30	37	44	56	66	78	92
	h	0.8	1	1.6	1.6	2	2.5	2.5	3	3	4	4	5	8	8
GB/T 97.2	d_{1min}	—	5.3	6.4	8.4	10.5	13	15	17	21	25	31	37	45	52
	d_{2max}	—	10	12	16	20	24	28	30	37	44	56	66	78	92
	h	—	1	1.6	1.6	2	2.5	2.5	3	3	4	4	5	8	8
GB/T 95	d_{1min}	4.5	5.5	6.6	9	11	13.5	15.5	17.5	22	26	33	39	45	52
	d_{2max}	9	10	12	16	20	24	28	30	37	44	56	66	78	92
	h	0.8	1	1.6	1.6	2	2.5	2.5	3	3	4	4	5	8	8

标准型弹簧垫圈(GB 93—1987)





标记示例:

垫圈　GB 93　16

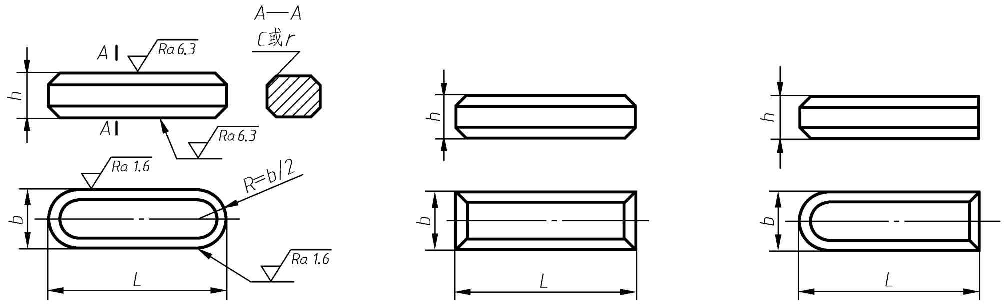
规格 16mm,材料为 65Mn,表面氧化的标准型弹簧垫圈

单位:mm

规格(螺纹大径)	4	5	6	8	10	12	16	20	24	30	36	42	48
d_{min}	4.1	5.1	6.1	8.1	10.2	12.2	16.2	20.2	24.5	30.5	36.5	42.5	48.5
$S=b_{公称}$	1.1	1.3	1.6	2.1	2.6	3.1	4.1	5	6	7.5	9	10.5	12
$m\leqslant$	0.55	0.65	0.8	1.05	1.3	1.55	2.05	2.5	3	3.75	4.5	5.25	6
H_{max}	2.75	3.25	4	5.25	6.5	7.75	10.25	12.5	15	18.75	22.5	26.25	30

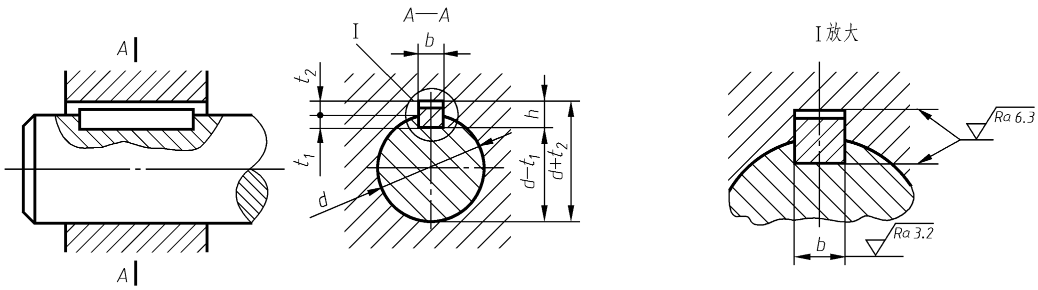
附表 9　普通型平键与键槽尺寸

普通型平键(GB/T 1096—2003)



A型　　　　B型　　　　C型

平键　键槽的剖面尺寸(GB/T 1095—2003)



标记示例:

GB/T 1096　键　18×11×100

普通 A 型平键　b=8mm,h=11mm,L=100mm

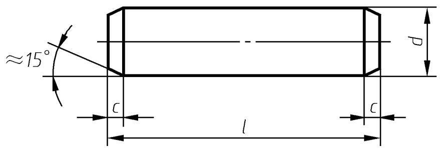
GB/T 1096　键　C16×10×80

普通 C 型平键　b=16mm,h=10mm,L=80mm

单位:mm

轴的直径 d	键尺寸 $b×h$	键槽											
		宽度 b						深度				半径 r	
		公称尺寸	极限偏差					轴 t_1		毂 t_2			
			正常连接		紧密连接	松连接							
			轴 N9	毂 JS9	轴和毂 P9	轴 H9	毂 D10	公称尺寸	极限偏差	公称尺寸	极限偏差	min	max
6~8	2×2	2	−0.004 −0.029	±0.0125	−0.006 −0.031	+0.025 0	+0.060 +0.020	1.2	+0.1 0	1	+0.1 0	0.08	0.16
>8~10	3×3	3						1.8		1.4			
>10~12	4×4	4	0 −0.030	±0.015	−0.012 −0.042	+0.030 0	+0.078 +0.030	2.5		1.8			
>12~17	5×5	5						3.0		2.3		0.16	0.25
>17~22	6×6	6						3.5		2.8			
>22~30	8×7	8	0 −0.036	±0.018	−0.015 −0.051	+0.036 0	+0.098 +0.040	4.0	+0.2 0	3.3	+0.2 0		
>30~38	10×8	10						5.0		3.3			
>38~44	12×8	12	0 −0.043	±0.0215	+0.018 −0.061	+0.043 0	+0.120 +0.050	5.0		3.3		0.25	0.40
>44~50	14×9	14						5.5		3.8			
>50~58	16×10	16						6.0		4.3			
>58~65	18×11	18						7.0		4.4			
>65~75	20×12	20	0 −0.052	±0.026	+0.022 −0.074	+0.052 0	+0.149 +0.065	7.5		4.9			
>75~85	22×14	22						9.0		5.4		0.40	0.60
$L_{系列}$	6~22(2 进位)、25、28、32、36、40、45、50、56、63、70、80、90、100、110、125、140、160、180、200、220、250、280、320、360、400、450、500												

附表 10　圆柱销（GB/T 119.1—2000）



标记示例：

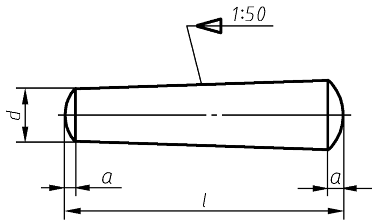
销　GB/T 119.1　8m6×30

公称直径 d=8mm，公差为 m6，公称长度 l=30mm，材料为钢，不经淬火，不经表面处理的圆柱销

单位：mm

d(公称) m6/h8	2	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25
c≈	0.35	0.5	0.63	0.8	1.2	1.6	2	2.5	3	3.5	4
$l_{范围}$	6~20	8~30	8~40	10~50	12~60	14~80	18~95	22~140	26~180	35~200	50~200
$l_{系列}$(公称)	2、3、4、5、6~32(2 进位)、35~100(5 进位)、120~200(20 进位)										

附表 11　圆锥销（GB/T 117—2000）



标记示例：

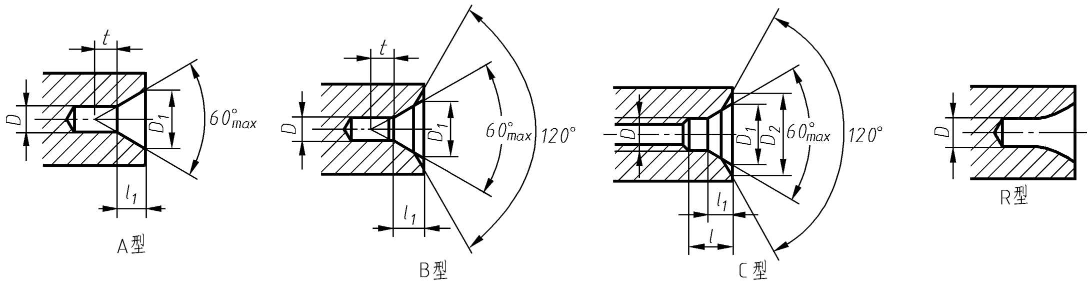
销　GB/T 117　10×60

公称直径 d=10mm，公称长度 l=60mm，材料为 35 钢，热处理硬度 28~38HRC，表面经氧化处理的 A 型圆锥销

单位：mm

$d_{公称}$	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25
a≈	0.25	0.3	0.4	0.5	0.63	0.8	1.0	1.2	1.6	2.0	2.5	3.0
$l_{范围}$	10~35	10~35	12~45	14~55	18~60	22~90	22~120	26~160	32~180	40~200	45~200	50~200
$l_{系列}$	2、3、4、5、6~32(2 进位)、35~100(5 进位)、120~200(20 进位)											

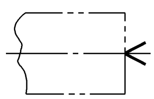
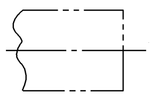
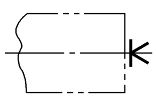
附表 12 中心孔（GB/T 145—2001、GB/T 4459. 5—1999）



单位：mm

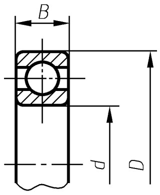
D	R 型	A、B 型						C 型					选择中心孔参考数据（非标准内容）		
	D_1	A 型			B 型			D	D_1	D_2	l	参考	原料端部最小直径 D_0	轴状原料最大直径 D_c	工件最大重量 t/kg
		D_1	参考		D_1	参考									
			l_1	t		l_1	t					l_1			
2	4.25	4.25	1.95	1.8	6.30	2.54	1.8						8	>10~18	2.00
2.5	5.3	5.3	2.42	2.2	8.00	3.20	2.2						10	>18~30	2.00
3.15	6.7	6.7	3.07	2.8	10.0	4.03	2.8	M3	3.2	5.8	2.6	1.8	12	>30~50	2.00
4	8.5	8.5	3.90	3.5	12.5	5.05	3.5	M4	4.3	7.4	3.2	2.1	15	>50~80	2.00
(5)	10.6	10.6	4.85	4.4	16.0	6.41	4.4	M5	5.3	8.8	4.0	2.4	20	>80~120	2.00
6.3	13.2	13.2	5.98	5.5	18.0	7.36	5.5	M6	6.4	10.5	5.0	2.8	25	>120~180	2.00
(8)	17.0	17.0	7.79	7.0	22.4	9.36	7.0	M8	8.4	13.2	6.0	3.3	30	>180~220	2.00
10	21.2	21.2	9.70	8.7	28.0	11.66	8.7	M10	10.5	16.3	7.5	3.8	42	>220~260	2.00

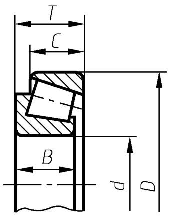
中心孔的标注及说明

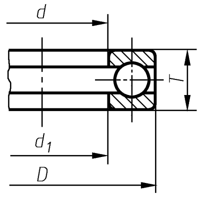
要求	符号	标注示例	说　　明
在完工的零件上要求保留中心孔			采用 B 型中心孔 D=2. 5mm　D_1=8mm 在完工的零件上要求保留
在完工的零件上可以保留中心孔			采用 A 型中心孔 D=4mm　D_1=8.5mm 在完工的零件上是否保留都可以
在完工的零件上不允许保留中心孔			采用 A 型中心孔 D=1.6mm　D_1=3.35mm 在完工的零件上不允许保留

附表 13　滚动轴承

深沟球轴承	圆锥滚子轴承	推力球轴承
（GB/T 276—2013）	（GB/T 297—2015）	（GB/T 8301—2015）







标记示例：

滚动轴承 6212 GB/T 276—2013

滚动轴承 30204 GB/T 297—2015

滚动轴承 51214 GB/T 301—2015

轴承型号	尺寸/mm			轴承型号	尺寸/mm					轴承型号	尺寸/mm			
	d	*D*	*B*		*d*	*D*	*B*	*C*	*T*		*d*	*D*	*T*	d_1
尺寸系列（02）				尺寸系列（02）						尺寸系列（12）				
6202	15	35	11	30203	17	40	12	11	13. 25	51202	15	32	12	17
6203	17	40	12	30204	20	47	14	12	15.25	51203	17	35	12	19
6204	20	47	14	30205	25	52	15	13	16.25	51204	20	40	14	22
6205	25	52	15	30206	30	62	16	14	17.25	51205	25	47	15	27
6206	30	62	16	30207	35	72	17	15	18.25	51206	30	52	16	32
6207	35	72	17	30208	40	80	18	16	19.75	51207	35	62	18	37
6208	40	80	18	30209	45	85	19	16	20.75	51208	40	68	19	42
6209	45	85	19	30210	50	90	20	17	21.75	51209	45	73	20	47
6210	50	90	20	30211	55	100	21	18	22.75	51210	50	78	22	52
6211	55	100	21	30212	60	110	22	19	23.75	51211	55	90	25	57
6212	60	110	22	30213	65	120	23	20	24.75	51212	60	95	26	62
尺寸系列（03）				尺寸系列（03）						尺寸系列（13）				
6302	15	42	13	30302	15	42	13	11	14.25	51304	20	47	18	22
6303	17	47	14	30303	17	47	14	12	15.25	51305	25	52	18	27
6304	20	52	15	30304	20	52	15	13	16.25	51306	30	60	21	32
6305	25	62	17	30305	25	62	17	15	18.25	51307	35	68	24	37
6306	30	72	19	30306	30	72	19	16	20.75	51308	40	78	26	42
6307	35	80	21	30307	35	80	21	18	22.75	51309	45	85	28	47
6308	40	90	23	30308	40	90	23	20	25.25	51310	50	95	31	52
6309	45	100	25	30309	45	100	25	22	27.25	51311	55	105	35	57
6310	50	110	27	30310	50	110	27	23	29.25	51312	60	110	35	62
6311	55	120	29	30311	55	120	29	25	31.50	51313	65	115	36	67
6312	60	130	31	30312	60	130	31	26	33.50	51314	70	125	40	72
尺寸系列（04）				尺寸系列（04）						尺寸系列（14）				
6403	17	62	17	31305	25	62	17	13	18.25	51405	25	60	24	27
6404	20	72	19	31306	30	72	19	14	20.75	51406	30	70	28	32
6405	25	80	21	31307	35	80	21	15	22.75	51407	35	80	32	37
6406	30	90	23	31308	40	90	23	17	25.25	51408	40	90	36	42
6407	35	100	25	31309	45	100	25	18	27.25	51409	45	100	39	47
6408	40	110	27	31310	50	110	27	19	29.25	51410	50	110	43	52
6409	45	120	29	31311	55	120	29	21	31.50	51411	55	120	48	57
6410	50	130	31	31312	60	130	31	22	33.50	51412	60	130	51	62
6411	55	140	33	31313	65	140	33	23	36.00	51413	65	140	56	68
6412	60	150	35	31314	70	150	35	25	38.00	51414	70	150	60	73
6413	65	160	37	31315	75	160	37	26	40.00	51415	75	160	65	78

附表 14　标准公差数值（GB/T 1800.2—2009）

公称尺寸/mm		标准公差等级																	
		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于	至	μm											mm						
—	3	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.1	0.14	0.25	0.4	0.6	1	1.4
3	6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.3	0.48	0.75	1.2	1.8
6	10	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.9	1.5	2.2
10	18	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.7	1.1	1.8	2.7
18	30	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.3	2.1	3.3
30	50	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1	1.6	2.5	3.9
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.3	0.46	0.74	1.2	1.9	3	4.6
80	120	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.4	2.2	3.5	5.4
120	180	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.4	0.63	1	1.6	2.5	4	6.3
180	250	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.9	4.6	7.2
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.3	2.1	3.2	5.2	8.1
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.4	2.3	3.6	5.7	8.9
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.5	4	6.3	9.7
500	630	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0.7	1.1	1.75	2.8	4.4	7	11
630	800	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0.8	1.25	2	3.2	5	8	12.5
800	1000	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0.9	1.4	2.3	3.6	5.6	9	14
1000	1250	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1.05	1.65	2.6	4.2	6.6	10.5	16.5
1250	1600	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1.25	1.95	3.1	5	7.8	12.5	19.5
1600	2000	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1.5	2.3	3.7	6	9.2	15	23
2000	2500	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1.75	2.8	4.4	7	11	17.5	28
2500	3150	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2.1	3.3	5.4	8.6	13.5	21	33

附表 15　轴的极限偏差值（GB/T 1800. 2—2009）　　　（单位：μm）

基本偏差代号	c	d	e	f	g	h							js	k	m	n	p	r	s
公称尺寸/mm　　等级	11	9	8	7	6	5	6	7	8	9	10	11	6	6	6	6	6	6	6
≤3	-60 -120	-20 -45	-14 -18	-6 -16	-2 -8	0 -4	0 -6	0 -10	0 -14	0 -25	0 -40	0 -60	±3	+6 0	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14
>3~6	-70 -145	-30 -60	-20 -38	-10 -22	-4 -12	0 -5	0 -8	0 -12	0 -18	0 -30	0 -48	0 -75	±4	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19
>6~10	-80 -170	-40 -76	-25 -47	-13 -28	-5 -14	0 -6	0 -9	0 -15	0 -22	0 -36	0 -58	0 -90	±4. 5	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23
>10~18	-95 -205	-50 -93	-32 -59	-16 -34	-6 -17	0 -8	0 -11	0 -18	0 -27	0 -43	0 -70	0 -110	±5. 5	+12 +1	+18 +7	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+39 +28
>18~30	-110 -240	-65 -117	-40 -73	-20 -41	-7 -20	0 -9	0 -13	0 -21	0 -33	0 -52	0 -84	0 -130	±6. 5	+15 +2	+21 +8	+28 +15	+35 +22	+41 +28	+48 +35
>30~40	-120 -280	-80 -142	-50 -89	-25 -50	-9 -25	0 -11	0 -16	0 -25	0 -39	0 -62	0 -100	0 -160	±8	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +43
>40~50	-130 -290																		
>50~65	-140 -330	-100 -174	-60 -106	-30 -60	-10 -29	0 -13	0 -19	0 -30	0 -46	0 -74	0 -120	0 -190	±9. 5	+21 +2	+30 +11	+39 +20	+51 +32	+60 +41	+72 +53
>65~80	-150 -340																	+62 +43	+78 +59
>80~100	-170 -390	-120 -207	-72 -126	-36 -71	-12 -34	0 -15	0 -22	0 -35	0 -54	0 -87	0 -140	0 -220	±11	+25 +3	+35 +13	+45 +23	+59 +37	+73 +51	+93 +71
>100~120	-180 -400																	+76 +54	+101 +79

附表 16　孔的极限偏差值（GB/T 1800.2—2009）

（单位：μm）

基本偏差代号	C	D	E	F	G	H						JS		K		M		N		P		R	S	T	U
公称尺寸/mm	等级																								
	11	10	9	8	7	6	7	8	9	10	11	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	7	7	7	7
≤3	+120 +60	+60 +20	+39 +14	+20 +6	+12 +2	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+40 0	+60 0	±3	±5	0 −6	0 −10	−2 −8	−2 −12	−4 −10	−4 −14	−6 −12	−6 −16	−10 −20	−14 −24	—	−18 −28
>3~6	+145 +70	+78 +30	+50 +20	+28 +10	+16 +4	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0	+48 0	+75 0	±4	±6	+2 −6	+3 −9	−1 −9	0 −12	−5 −13	−4 −16	−9 −17	−8 −20	−11 −23	−15 −27	—	−19 −31
>6~10	+170 +80	+98 +40	+61 +25	+35 +13	+20 +5	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0	+58 0	+90 0	±4.5	±7	+2 −7	+5 −10	−3 −12	0 −15	−7 −16	−4 −19	−12 −21	−9 −24	−13 −28	−17 −32	—	−22 −37
>10~18	+205 +98	+120 +50	+75 +32	+43 +16	+24 +6	+11 0	+18 0	+27 0	+43 0	+70 0	+110 0	±5.5	±9	+2 −9	+6 −12	−4 −15	0 −18	−9 −20	−5 −23	−15 −26	−11 −29	−16 −34	−21 −39	—	−26 −44
>18~24	+240 +110	+149 +65	+92 +40	+53 +20	+28 +7	+13 0	+21 0	+33 0	+52 0	+84 0	+130 0	±6.5	±10	+2 −11	+6 −15	+4 −17	0 −21	−11 −24	−7 −28	−18 −31	−14 −35	−20 −41	−27 −48	—	−33 −54
>24~30																								−33 −54	−40 −61
>30~40	+280 +120	+180 +80	+112 +50	+64 +25	+34 +9	+16 0	+25 0	+39 0	+62 0	+100 0	+160 0	±8	±12	+3 −13	+7 −18	+4 −20	0 −25	−12 −28	−8 −33	−21 −28	−17 −42	−25 −50	−34 −59	−39 −64	−51 −76
>40~50	+290 +130																							−45 −70	−61 −86
>50~65	+330 +140	+220 +100	+134 +60	+76 +30	+40 +10	+19 0	+30 0	+46 0	+74 0	+120 0	+190 0	±9.5	±15	+4 −15	+9 −21	−5 −24	0 −30	−14 −33	−9 −39	−26 −45	−21 −51	−30 −60	−42 −72	−55 −85	−76 −106
>65~80	+340 +150																					−32 −62	−48 −78	−64 −94	−91 −121
>80~100	+390 +170	+260 +120	+159 +72	+90 +36	+47 +12	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0	+140 0	+220 0	±11	±17	+4 −18	+10 −25	−6 −28	0 −35	−16 −38	−10 −45	−30 −52	−24 −59	−38 −73	−58 −93	−78 −113	−111 −146
>100~120	+400 +180																					−41 −76	−66 −101	−91 −126	−131 −166

参 考 文 献

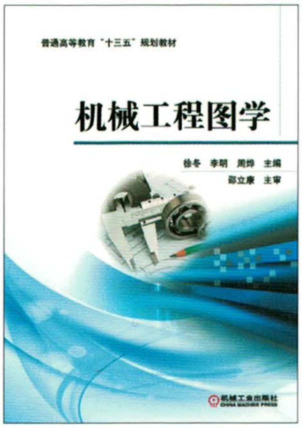
［1］ 金大鹰. 机械制图［M］. 8 版. 北京：机械工业出版社，2017.

［2］ 大连理工大学工程图学教研室. 机械制图［M］. 7 版. 北京：高等教育出版社，2013

［3］ 李雪梅. 工程图学基础［M］. 2 版. 北京：清华大学出版社，2017.

欢迎登录机械工业出版社教育服务网

www.cmpedu.com



◎ 系统地编写了"零部件测绘"的内容，强化了轴测图的内容，提升了学生解决机械工程实际问题的能力。

◎ 插图采用计算机与工程绘画相结合的方法进行绘制，因而插图针对性强、图形清晰、表现力丰富。

◎ 贯彻了现行的《技术制图》和《机械制图》国家标准。

◎ 调整了教材内容，注重了教材内容的系统性、完整性和实践性。



◎ 注重培养和开发学生的空间思维能力、构形设计能力和工程实践能力。

◎ 与教材内容紧密配合，方便开展课后训练。

◎ 贯彻了现行的《技术制图》和《机械制图》国家标准。

◎ 题目按照由易到难、由浅入深、循序渐进的原则编排，让学生逐步地掌握图学基本知识、图学理论、绘图读图方法及零部件测绘的知识与技能。

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
服务咨询热线：010-88379833
读者购书热线：010-88379649
网络服务
机工官网：www.cmpbook.com
机工官博：weibo.com/cmp1952
教育服务网：www.cmpedu.com
金书网：www.golden-book.com
封面无防伪标均为盗版

机工教育微信服务号

ISBN 978-7-111-60390-0
策划编辑◎舒恬 / 封面设计◎张静

ISBN 978-7-111-60390-0
9 787111 603900 >
定价：35.00元